



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

**ÖZEL ÇİFTÇİLİK UYGULAMALARINA DAYALI
SÜRDÜRÜLEBİLİR EKİN ÇİFTLİĞİ PLANLAMASI İÇİN
TAMSAYILI PROGRAMLAMA MODELİ**

Yunus YILDIRIM

Doktora Tezi

Ankara, 2025

ÖZEL ÇİFTÇİLİK UYGULAMALARINA DAYALI SÜRDÜRÜLEBİLİR EKİN ÇİFTLİĞİ
PLANLAMASI İÇİN TAMSAYILI PROGRAMLAMA MODELİ

Yunus YILDIRIM

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

Doktora Tezi

Ankara, 2025

KABUL VE ONAY

Yunus YILDIRIM tarafından hazırlanan “Özel Çiftçilik Uygulamalarına dayalı Sürdürülebilir Ekin Çiftliği Planlaması için Tamsayılı Programlama Modeli” başlıklı bu çalışma, 11/06/2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa Umur TOSUN (Başkan)

Prof. Dr. Aydın ULUCAN (Danışman)

Prof. Dr. Fazıl GÖKGÖZ (Üye)

Prof. Dr. Kazım Barış ATICI (Üye)

Doç. Dr. Sedat BELBAĞ (Üye)

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Uğur ÖMÜRGÖNÜLŞEN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

02 / 07 / 2025

Yunus YILDIRIM

¹ “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, **Prof. Dr. Aydın ULUCAN** danışmanlığında tarafımdan retilildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Yunus YILDIRIM

ÖZET

YILDIRIM, Yunus. *Özel Çiftçilik Uygulamalarına dayalı Sürdürülebilir Ekin Çiftliği Planlaması için Tamsayılı Programlama Modeli*, Doktora Tezi, Ankara, 2025.

Çiftlik yönetiminin planlama aşaması çevresel belirsizlikler, finansal sınırlılıklar ve gıda güvenliği endişeleri nedeniyle oldukça karmaşık ve önemli sonuçları olan zor bir süreçtir. Bu süreci sezgilerine ve tecrübelerine dayanarak yönetmeye çalışan çiftçiler, yüksek girdi ve tarımsal makine maliyetlerinden kaynaklanan düşük kâr marjlarıyla yüzleşmek zorunda kalmaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, tamsayılı programlama yöntemini kullanarak hem çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik hem de organik çiftçilik amaçlarına hizmet eden bir ekin çiftliği planlama modeli sunmaktır. Geliştirilen model, çevresel sürdürülebilirlik ve organik çiftçilik için vazgeçilmez olan ekin nöbeti (*crop rotation*) uygulamalarının işlevsel gerekliliklerini hesaba katarak en uygun üretim planını seçebilmektedir. Bununla birlikte model ile, işlevsel gereklilikleri yerine getirecek olan makineleri satın alma kararına alternatif olarak, tarla işlemlerini (toprak işleme, tohum ekimi, gübreleme vb.) dışarıdan birine yaptırma anlamına gelen özel çiftçilik (*custom farming*) hizmeti seçeneklerini değerlendirerek yüksek makine maliyetlerini azaltmaya çalışılacaktır. Coğrafi bir konuma özgü olmayan bu model, verilerin uygun olduğu bir bölgede dört farklı senaryo kriteri açısından test edilmiştir. Bunlar sırasıyla; başlıca ürün, çiftlik büyüklüğü, sıfır/ikinci el makine ve özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme şeklindedir. Modelin analizi sonucunda, kârlı ve kârsız ürünlerin hangi büyüklükteki çiftliklerde makine yatırımı yaparak üretmesi gerektiğinin ortaya çıkarıldığı görülmüştür. Bu sayede modelin farklı tarım ürünleri, çiftlik büyüklükleri, makine kondisyonları (sıfır/ikinci el) ve diğer çiftliklere özel çiftçilik hizmeti verme durumları karşısında esnekliğe sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca modelin, analiz sonuçlarına dayanarak hem genel hem de tarım ürünü özelinde oluşturulabilecek tarım politikaları için de kullanılabileceği önerilerle ifade edilmiştir.

Anahtar Sözcükler

Çiftlik Planlama, Ekin Nöbeti, Özel Çiftçilik, Tamsayılı Doğrusal Programlama, Ekin Seçimi, Tarımsal İşlem Seçimi, Tarımsal Makine Yönetimi

ABSTRACT

YILDIRIM, Yunus. *An Integer Programming Model for Sustainable Crop Farm Planning based on Custom Farming Practices*, Ph. D. Dissertation, Ankara, 2025.

Planning phase of farm management is a complex, impactful and difficult process due to environmental uncertainties, financial limitations and food security concerns. Farmers who manage this process by depending on their common sense and experiences are forced to face narrow profit margins led by high input and agricultural machinery costs. The aim of this study is to present a crop farm planning model that serves both organic farming and environmental/economical sustainability purposes by using integer programming method. Proposed model is able to select optimal production plan by taking into account the operational requirements of crop rotation practices which is indispensable for environmental sustainability and organic farming. It also tries to minimize high machinery costs by evaluating custom farming service options which enables farmers have their field operations done by an outsider. The model is not restricted to any geographical location and it is tested on a location where data is available based on four scenario criteria: primary crop, farm size, new/used machinery and offering custom farming services or not. Analysis showed that the model is able to point out crops that is not profitable by any means and profitable crops with information regarding machinery investment that depends on farm sizes. Thus, it is showed that the model is flexible in terms of different crop types, farm sizes, machinery conditions and offering custom farming services to other farms. Furthermore, it is expressed that the model can be used to develop agricultural policies for both crop-specific and general purposes by giving policy suggestions.

Keywords

Farm Planning, Crop Rotation, Custom Farming, Integer Linear Programming, Crop Selection, Agricultural Operation Selection, Agricultural Machinery Management

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLOLAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM: YÖNETİM BİLİMİ VE TARIM SEKTÖRÜNDEKİ YERİ.....	5
1.1. TARIMDA YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI.....	8
1.1.1. Tarımsal Üretim Yönetimi’nde Karar Alanları	11
1.1.1.1. Ekin Planlama	11
1.1.1.2. Makine Yönetimi	15
1.1.1.3. Hasat Planlama.....	18
1.2. ÇALIŞMANIN LİTERATÜRE KATKISI.....	21
1.2.1. Ekin Nöbeti (Crop Rotation)	22
1.2.2. Makine Yönetimi ve Özel Çiftçilik (<i>Custom Farming</i>)	25
2. BÖLÜM: MODEL GELİŞTİRME	28
2.1. PROBLEM TANIMI.....	28
2.2. TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ.....	30
2.2.1. İndisler.....	31
2.2.2. Parametreler	33
2.2.3. Karar Değişkenleri	36
2.2.4. Model	40
2.2.4.1. Amaç Fonksiyonu	40
2.2.4.2. Kısıtlar	42
3. BÖLÜM: MODELİN TEST EDİLMESİ	50
3.1. VERİ	50
3.2. SENARYO ANALİZLERİ	55

3.2.1. Buğday Çiftliği Senaryoları.....	64
3.2.1.1. 180 – 499 Akre.....	64
3.2.1.2. 500 – 999 Akre.....	66
3.2.1.3. 1000 – 1999 Akre.....	70
3.2.1.4. 2000 – 4999 Akre.....	77
3.2.2. Mısır Çiftliği Senaryoları	85
3.2.2.1. 180 – 499 Akre.....	85
3.2.2.2. 500 – 999 Akre.....	87
3.2.2.3. 1000 – 1999 Akre.....	88
3.2.2.4. 2000 – 4999 Akre.....	94
3.2.3. Ayçiçeği Çiftliği Senaryoları.....	101
3.2.4. Soya Fasulyesi Çiftliği Senaryoları.....	102
3.2.4.1. 180 – 499 Akre.....	102
3.2.4.2. 500 – 999 Akre.....	104
3.2.4.3. 1000 – 1999 Akre.....	105
3.2.4.4. 2000 – 4999 Akre.....	111
3.2.5. Pamuk Çiftliği Senaryoları.....	118
3.2.6. Sorgum Çiftliği Senaryoları	118
3.2.6.1. 180 – 499 Akre.....	119
3.2.6.2. 500 – 999 Akre.....	120
3.2.6.3. 1000 – 1999 Akre.....	121
3.2.6.4. 2000 – 4999 Akre.....	127
3.3. POLİTİKA ÖNERİLERİ	134
SONUÇ.....	139
KAYNAKÇA	141
EK 1 ORİJİNALLİK FORMU	148
EK 2 ETİK KURUL MUAFİYET FORMU.....	150

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Ekin Planlama Çalışmaları	13
Tablo 2. Makine Yönetimi Çalışmaları.....	16
Tablo 3. Hasat Planlama Çalışmaları.....	20
Tablo 4. Parametreler.....	34
Tablo 5. Nöbetleşe Üretim Planları.....	52
Tablo 6. Hasat Yıllarında Rekolte Verisi.....	53
Tablo 7. Çiftlik Büyüklüğü Senaryoları.....	56
Tablo 8. İdeal İkinci El Makine/Ekipman Özellikleri.....	57
Tablo 9. Senaryolara İlişkin Bilgiler.....	59
Tablo 10. Senaryoların Model Büyüklüğü, Çözüm Süreleri ve Optimallik Farkları.....	62
Tablo 11. 180 – 499 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar).....	66
Tablo 12. 500-999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır, İkinci El ve Sıfır/Özel).....	67
Tablo 13. 500-999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)	69
Tablo 14. 1000-1999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır Makine).....	70
Tablo 15. 1000-1999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)	72
Tablo 16. 1000-1999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El Makine)	74
Tablo 17. 1000-1999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El/Özel).....	76
Tablo 18. 2000-4999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır Makine).....	77
Tablo 19. 2000-4999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)	80
Tablo 20. 2000-4999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El)	82
Tablo 21. 2000-4999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El/Özel).....	84
Tablo 22. 180 – 499 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)	87
Tablo 23. 500-999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar).....	88
Tablo 24. 1000-1999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Sıfır Makine).....	89
Tablo 25. 1000-1999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)	91
Tablo 26. 1000-1999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (İkinci El Makine).....	92
Tablo 27. 1000-1999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)	94
Tablo 28. 2000-4999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Sıfır Makine).....	95
Tablo 29. 2000-4999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)	97
Tablo 30. 2000-4999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (İkinci El).....	99
Tablo 31. 2000-4999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)	100

Tablo 32. Ayçiçeği Çiftliği Senaryolarının Özeti	102
Tablo 33. 180 – 499 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar).....	104
Tablo 34. 500-999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar).....	105
Tablo 35. 1000-1999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Sıfır Makine).....	106
Tablo 36. 1000-1999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Sıfır/Özel).....	107
Tablo 37. 1000-1999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (İkinci El Makine)	109
Tablo 38. 1000-1999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (İkinci El/Özel).....	110
Tablo 39. 2000-4999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Sıfır Makine).....	112
Tablo 40. 2000-4999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Sıfır/Özel).....	114
Tablo 41. 2000-4999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (İkinci El)	115
Tablo 42. 2000-4999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (İkinci El/Özel).....	117
Tablo 43. Pamuk Çiftliği Senaryolarının Özeti	118
Tablo 44. 180 – 499 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)	120
Tablo 45. 500-999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar).....	121
Tablo 46. 1000-1999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Sıfır Makine)	122
Tablo 47. 1000-1999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Sıfır/Özel).....	124
Tablo 48. 1000-1999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (İkinci El Makine).....	125
Tablo 49. 1000-1999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)	126
Tablo 50. 2000-4999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Sıfır Makine)	128
Tablo 51. 2000-4999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Sıfır/Özel).....	130
Tablo 52. 2000-4999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (İkinci El).....	132
Tablo 53. 2000-4999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)	133

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Literatürde Metodolojik Dağılım.....	11
Şekil 2. Ekin Tahsisi Örneği	12
Şekil 3. Literatürde Karar Alanları	21
Şekil 4. Nöbetleşe Üretimin Boyutları.....	24



GİRİŞ

Çiftçilik değişken ve rekabetçi bir ortamda taleplere ve belirsizliklere maruz kaldığı için oldukça karmaşık ve önemli sonuçları olan bir iştir. Yüksek finansal kısıtlar, küresel ekonomiyle uyumlaşma ihtiyacı, ekin ve girdi fiyatlarındaki değişkenlik, çok yüksek maliyetli tarım makineleri, gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik konularındaki endişeler ve hava koşullarındaki değişkenlik günümüz çiftlik sahipleri üzerinde baskı oluşturmaktadır. Çiftçilerin işlerini tecrübelerine ve sezgilerine dayanarak yönetmesi mümkün olsa da ekonomik, çevresel ve insan sağlığı açısından maruz kalınan baskılar çiftçileri yepyeni ve daha karmaşık problemlerle karşı karşıya bırakmaktadır. Çiftçiler bu problemlere karşı uyum sağlayamazsa verdikleri kararların büyük olumsuz sonuçları olacak ve çiftliklerinin yönetimi ekonomik sürdürülebilirliğini kaybedecektir.

Tarımda teknoloji ve pazar koşulları değiştiği gibi bir çiftliğin ihtiyaç duyduğu yöneticilik vasıfları da değişmektedir. Günümüzde bir çiftçinin, tarımsal üretimin teknik detaylarıyla birlikte finans, pazarlama, insan kaynakları yönetimi gibi çeşitli işletme fonksiyonlarını da yerine getirmesi beklenmektedir. Çiftçi, tarla üzerindeki işlemleri yönetmekle kalmamakta, çiftliğin kaynaklarını ve yeterliliklerini tanımlayarak uzun vadede amaçlarına ulaştıracak bir strateji geliştirmesi gerekmektedir. Bu stratejik planlamanın içine; hangi ekinlerin ne zaman üretileceği, hangi makinelere yatırım yapılacağı, girdi maliyetleriyle ilişkisine göre tarla işlemleri arasında seçim yapma kararları girmektedir. Bu kararların hepsi birbiriyle doğrudan ilişkili ve yıllar süren sonuçları olduğu için çiftçiler, kâr marjlarının çok daraldığı günümüzde kararların sezgisel olarak verilmesi, zarar etme olasılığını artırmaktadır. Bu sebepten, tarımsal üretimde uygulanan yöneylem araştırması tekniklerine olan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Çiftlik yönetiminde ekin seçimi, makine büyüklüğü seçimi ve biçerdöver rotalaması gibi birçok karar problemine yöneylem araştırması teknikleriyle çözüm önerileri sunulabilmektedir. Bu karar problemleri genellikle bağımsız olarak değerlendirilse de birbirleriyle güçlü ilişkiye sahip olmaları nedeniyle entegre bir şekilde verildiği çalışmalara ihtiyacın aşikâr olduğu değerlendirilmektedir. Bu çalışmada ekinler, makineler ve tarla işlemleri ile doğrudan ilişkili birçok kararın bir arada verildiği bir

bütünsel çiftlik planlama problemi için karışık tam sayılı programlama modeli geliştirilmektedir.

Bu tez çalışmasının ana amacı, çiftlik planlamada verilen birçok kararı bir arada değerlendiren, makine satın almaya alternatif sunarak organik tarım ve ekonomik gerekliliklere cevap veren çok yönlü bir model geliştirmektir. Çalışmada geliştirilen modelin birçok açıdan sahip olması hedeflenen özellikleri bulunmaktadır. Aynı zamanda çalışmanın katkılarının büyük bir kısmını ifade eden bu özellikler şunlardır:

- Tarımda kimyasal kullanımını en aza indiren ekin nöbeti (*crop rotation*) uygulaması için ekonomik planlar sunabilmek,
- Yüksek makine maliyetlerine alternatif olarak uygulanan özel çiftçilik (*custom farming*) hizmetlerini değerlendirebilmek,
- Bölgesel özelliklerden uzak, dünyanın her yerinde uygulanabilecek genel bir yapıya sahip olmak,
- Sahip olunan makinelerden en yüksek faydayı sağlayacak tarla işlemlerini seçebilmek,
- Sahip olunan makinelerden en yüksek faydayı sağlamak için başka çiftliklere özel çiftçilik hizmeti verme opsiyonunu değerlendirmek,
- Herbisit (yabani ot ilacı) maliyetlerinden tasarruf etmeyi sağlayan tarla işlemlerini değerlendirebilmek,
- Üretilecek ekinle uyumlu tarla işlemlerini ve tarım makinelerini seçebilmek,
- Tarla büyüklüklerine uygun büyüklükte makineler seçebilmek,
- Tarım makinesi satın alım kararını verirken sahip olma maliyeti ile tamir/bakım maliyeti arasında kıyas yapabilmek,
- Tüm kararların ekonomik etkilerini hesaplayarak seçilen en uygun tarım ürünlerini tarlalara paylaştırabilmek, modelden beklenen özelliklerdir.

Çalışmanın, modelin test edilmesi için gerekli olan uygulama açısından taşıdığı amaçlar şöyledir:

- Verilerin uygun olduğu bir coğrafi bölgede modelin geçerliliğini göstermek,
- Modelin farklı tarım ürünleri için uygulanabildiğini göstermek,
- Modelin farklı çiftlik büyüklüklerinde uygulanabildiğini göstermek,
- Modelin hem sıfır hem de ikinci el makineleri değerlendirebildiğini göstermek,
- Modelin, sadece özel çiftçilik hizmetini satın alan taraf değil aynı zamanda bu hizmeti sağlayan çiftçiler için de kullanılabileceğini göstermek,
- Analiz sonuçlarıyla makro ölçekte tarım politikaları geliştirmenin de mümkün olduğunu göstermek,

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır ve şu şekilde düzenlenmiştir:

Birinci bölümde, işletme yöneticiliğinde bilimsel yaklaşımın gelişimi ve tarım sektöründeki gerekliliğinden bahsedilmiştir. Tarımda yöneylem araştırması literatürü taranarak çiftlik yönetiminin zorlukları ve karar süreçleri anlatılmaya çalışılmıştır. Son olarak, çalışmanın literatüre katkısı açıklanmış ve önerilen modelin en baskın özellikleriyle ilişkili olan ekin nöbeti (*crop rotation*), makine yönetimi ve özel çiftçilik (*custom farming*) gibi ana kavramlara detaylarıyla yer verilmiştir.

İkinci bölümde ise, çalışmada tanımlanan çiftlik planlama problemi ve geliştirilen model detaylarıyla anlatılmıştır. Tam sayılı doğrusal programlama modelinin matematiksel notasyonlarla gösterimi verilmek suretiyle, her bir bileşen detaylarıyla açıklanmıştır. Ayrıca modelin ihtiyaç duyduğu verilerin nasıl bir formatta olması gerektiği de açıklanmıştır.

Üçüncü bölüm veri, senaryo analizleri ve politika önerilerinden oluşmaktadır. Veri başlığında uygulama için seçilen coğrafi bölgeye dair bilgiler ve modeldeki parametreler için sağlanan verilerin nereden alındığı anlatılmıştır. Senaryo analizleri başlığında modelin esnekliğini göstermek için oluşturulan senaryolar açıklanarak, her bir

senaryonun sonucu tablolarla raporlanmış ve yorumlanmıştır. Senaryo sonuçlarına göre geliştirilebilecek tarım politikaları hakkında öneriler ile çalışma sonuçlandırılmıştır.



1. BÖLÜM

YÖNETİM BİLİMİ VE TARIM SEKTÖRÜNDEKİ YERİ

Yöneticiliğin nihai hedefi, idare edilen işletmeyi veya organizasyonu hedeflerine ulaştırmaktır. Söz konusu işletme olduğunda yöneticilerin sorumluluğu; fikirleri, yöntemleri ve kaynakları bir araya getirerek bir mal veya hizmeti kârlı bir şekilde pazarlamaktır (Ferrell vd., 2020). Yöneticilerin sorumluluk alanları, işletme yönetiminin aşağıdaki dört temel fonksiyonuna bakılarak anlaşılabilir (Nickels vd., 2024):

- Planlama (*planning*): İşletmenin stratejisini ve eylem planını belirleme
- Düzenleme (*organizing*): İhtiyaç duyulan kaynakların elde edilmesi ve düzene sokulması
- Yönlendirme (*directing*): İşletme kaynaklarını koordine edilmesi ve seçilen plana uygun yönlendirilmesi
- Denetleme (*controlling*): Seçilen planın performansının, işletmenin hedefleriyle kıyaslanması ve gerektiğinde planda iyileştirici değişiklikler yapılması

Söz konusu yönetim fonksiyonları, işletmenin fonksiyonlarıyla karıştırılmamalıdır. İşletme fonksiyonları sektörden sektöre farklılık gösterse de tüm işletmelerin gerçekleştirmek zorunda olduğu üç ana fonksiyon aşağıda verilmiştir (Heizer vd., 2017):

- Pazarlama (*marketing*): Ürün veya hizmet için talep yaratma,
- Üretim/işlemler (*production/operations*): Ürün veya hizmetin tasarlanması, üretilmesi ve teslimatı,
- Finans/muhasebe (*finance/accounting*): Paranın yönetilmesi ve işletme performansının takibidir.

Her işletme fonksiyonunda, yönetim fonksiyonlarının tamamı görülebilir. Bu çalışmanın konusu olan üretim fonksiyonu yer, işgücü, sermaye, girişimcilik ve bilgi faktörlerini kullanarak nihai ürünlerin ve hizmetlerin yaratılması olarak tanımlanır (Heizer vd., 2017). Üretim ve işlemler yönetimi ise girdileri çıktılarına dönüştürerek ürün veya hizmet

formunda değer yaratan faaliyetlerin tümü anlamına gelir. Bir işletmenin sattığı çıktı ister ürün ister hizmet olsun, üretim faaliyetlerinin her birine işlem (*operation*) denir. Tüm işlem yöneticileri yöneticilik fonksiyonlarını yerine getirir.

Yöneticilik insanlık tarihinin her aşamasında vardır ancak Frederick W. Taylor'ın çalışmalarından sonra işletmeler ve akademi için bilimsel bir disiplin hâline gelmiştir. Bir işletmenin hedeflerine ulaşmasının bir yolu olarak gelişen Yönetim Bilimi (*Management Science*); problem çözmek ve karar vermek için gözlem, deney ve çıkarımdan oluşan bilimsel yöntemleri kullanan sistematik ve analitik bir yaklaşımdır (Taylor, 2019). Çağdaş yöneticiler problemleri tanımlayabilmeli, model kurabilmeli ve kurduğu modelleri yönetim problemlerini verimli bir şekilde çözebilmek için kullanmalıdır. Yönetim Bilimine duyulan ihtiyaç, Adam Smith'in (1777) 1776'da ana hatlarını çizdiği 'iş bölümü (*division of labor*)' kavramıyla başlamıştır. Charles Babbage 1832'de, 'imalatçının ve makinelerin ekonomisi' hakkındaki yazısıyla bilimsel ilkelerin, işletme yönetimi açısından avantajlarını öne koymuştur (1972). Sanayileşmenin getirdiği yeni üretim sistemlerinin yönetimi ciddi problemler doğurmuştur. Bu durum, F. W. Taylor'ı, üretimdeki işlemlerin planlanmasında ve denetlenmesinde bilimsel yönetim yaklaşımının gelişimini savunmaya itmiştir.

Yöneticilikte bahsi geçen gelişmelerin sebebi, işletme problemlerinin doğası ve yöneticilerin bu problemler karşısındaki farklı karar verme yaklaşımları olduğu söylenebilir. Yöneticiler bir işletme problemi hakkında deneyim sahibiyse veya problem görece basit ise, nitel karar verme yaklaşımını benimserler. Ancak yönetici, karşısındaki problem hakkında deneyim sahibi değilse ya da problem belli bir düzeyde karmaşıklık içeriyorsa, nicel (sayısal) karar verme yaklaşımı yöneticinin nihai kararını verme aşamasında oldukça önem kazanmaktadır (Hillier, 2023). Bir işletme problemi için nicel karar verme yaklaşımının gerekli olduğu durumlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Anderson vd., 2022):

- Problem karmaşıktır. Yönetici, sayısal yöntemler olmadan tecrübelerine dayanarak karar veremez.
- Problem önemlidir. Örneğin büyük finansal yatırımlar içeren bir problemde yönetici, etraflıca düşünmeden karar veremez.

- Problem yenidir. Yöneticinin konuyla ilgili çıkarım yapabileceği bir deneyimi yoktur.
- Problemin yinelenen bir yapısı vardır. Tekrarlayan karar verme süreçlerinde sayısal yöntem kullanılırsa yönetici zamandan ve emekten tasarruf eder.

Yönetim Bilimi, bilimsel yöntem olarak nicel (sayısal) analiz tekniklerini yaygın bir şekilde kullanır. Karar vermek için sayısal yöntem yaklaşımını kullanan bu disiplin için kullanılan başka birçok isim olsa da en yaygın olan diğer isimler Yöneylem Araştırması (*Operations Research*) ve Karar Bilimi'dir (*Decision Science*). Günümüzde, yönetim bilimi, yöneylem araştırması ve karar bilimi kavramları birbirinin yerine kullanılmaktadır (Taylor, 2019).

Tarım sektöründe, bu çalışma bağlamında çiftlik yönetimi için, hangi yöneticilik anlayışının uygun olduğunun anlaşılması için çiftlik yönetiminin güncel zorluklarının anlaşılması gerekir. Çiftlik yönetimi; tarımsal sürdürülebilirlik, kârlılık ve kaynak verimliliği açısından önemli rol oynamaktadır. Ancak çiftlik yönetiminde karar verme, biyolojik faktörler, pazar koşullarında ve tarım politikalarındaki değişkenlik ve çiftçilerin farklı hedeflere sahip olması yüzünden karmaşık ve zor bir süreçtir. Çiftçiler karar verirken, iklim değişikliğinin, teknolojik gelişmelerin, pazar baskısının ve politika uygulamalarının yarattığı değişken çevreye uyum sağlamak zorunda kalırlar. Tüm bu faktörler çiftlik seviyesindeki kararlarda, üretkenliği, kârlılığı ve sürdürülebilirliği olumsuz etkileyen yüksek derecede karmaşıklık ve belirsizliği beraberinde getirir (Hardaker vd., 2015). Çiftlik yönetimi planlama, uygulama ve denetleme aşamalarından oluşur. Amaç, kâr maksimizasyonundan çevresel sürdürülebilirliğe kadar değişkenlik gösteren çiftçi hedeflerini, verimli kaynak tahsisi yaparak gerçekleştirmektir. Bu alanda verilen kararlar, planlama ufkuna göre aşağıdaki şekilde sınıflanabilir (Bochtis vd., 2019):

- Stratejik kararlar: 1-5 yıllık bir planlama için verilen kararlardır. Arazi alımı, ekin nöbeti ve makine yatırımı gibi uzun vadeli kararlar içerir.
- Taktiksel kararlar: 1-2 yıllık bir planlama için verilen kararlardır. Ekin seçimi, kaynak tahsisi, tarım zararlısı yönetimi gibi kararlar içerir.

- Operasyonel Kararlar: Günlük işlemlere ilişkin kararlar içerir. Sulama işlemlerinin çizelgelenmesi, tarım makinelerinin rootalanması gibi kararlar içerir.

Çiftlik yönetiminde sadece ekonomik kaygılara cevap veren ve ekin seçimi, gübre miktarının belirlenmesi gibi çiftliğin sadece bir kısmını ele alan planlamalar klasik yaklaşımlar arasında yer alırken, çiftlik yönetimine daha geniş pencereden bakan yaklaşımlar ‘bütünsel çiftlik planlama (whole-farm planning)’ kavramıyla anılmaktadır. Janke (2000), birden fazla karar alanını bir arada değerlendirmenin yanısıra bütünsel çiftlik planlamanın hedefinin, ekonomik, çevresel ve sosyal amaçları bir araya getirmek olduğunu ifade etmektedir. Bu amaçların birbiriyle çeliştiği durumlar olduğu için aynı anda değerlendirilmesi hem çiftlik kârlılığını korumaya hem de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Ancak Janke (2000), bütünsel çiftlik planlamanın çok katmanlı olduğunu ve bu katmanların koordine edilmesinin çok zor ve karmaşık olduğunu da eklemektedir.

Tarım sektöründe planlama, özellikle makineleşmeden sonra, oldukça karmaşık ve yüksek sermayeler içeren bir hâle gelmiştir. Sürdürülebilirlik, gıda güvenliği ve iklim değişikliği gibi olgularla birlikte çiftçiler yeni problemlere, dönemsel olarak tekrar değerlendirilmesi gereken kararlar vermek zorunda kalmaktadırlar. Bu sebeplerden dolayı, tarım sektöründe yöneylem araştırması alanında yaygın bir şekilde çalışılmıştır ve genişlemeye de devam etmektedir.

1.1. TARIMDA YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI

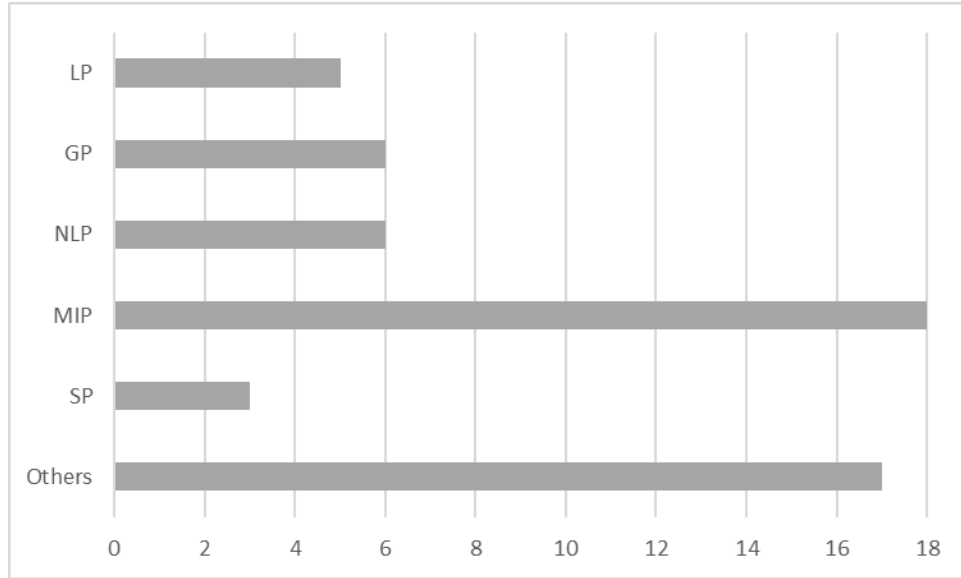
Matematiksel programlama yöntemleri, tarım sektöründeki problemlere 1950’lerden itibaren uygulanmaktadır (Behzadi vd., 2018). Planlama modellerinin, ürün çeşidi, planlama ufku ve tedarik zinciri aşaması gibi birçok açıdan farklılaştığı görülmektedir. Ahumada ve Villalobos (2009)’un çalışmasına göre planlama modellerinin gruplandığı dört işlevsel tarımsal tedarik zinciri (TTZ) alanı vardır; bunlar üretim, hasat, depolama ve dağıtımdır. Arazi tahsisi, ekim zamanlaması ve kaynak tahsisi gibi kararlar üretim sınıfına girerken, hasat aşamasında kullanılan tarım makinelerinin, işgücünün ve taşıma araçlarının çizelgelenmesi kararları hasat sınıfına girmektedir. Depolama ve dağıtım işlevleri ise diğer tedarik zinciri problemlerindeki kararları içermekte, daha çok

bozulabilir gıdalardan kaynaklanan gecikme maliyetlerini hesaba katmasıyla öne çıkmaktadır (Ahumada & Villalobos, 2009).

Bu çalışmanın odak noktası çiftlik seviyesinde bir planlama olduğu için literatür taraması, TTT'nin sadece üretim ve hasat işlevleriyle sınırlı tutulmuştur. Bu seviyede, toprak işleme, ekim/dikim, gübreleme, yabancı otların mücadelesi ve hasat kaldırma gibi zaman kısıtları olan çok sayıda karar grubu olduğu için hassas bir planlama gereklidir. Söz konusu işlemler, birbiriyle ilişkili olan çok sayıda karar ve sınırlılık içeren karmaşık bir sistem oluşturur. Karar vericilerin söz konusu sistemi sezgisel olarak yönetmeleri çok zor olduğu için yöneylem araştırması teknikleri bu alanda etkili olmuştur. Bu alandaki bilimsel araştırmaların uzun bir tarihi olduğu için, farklı amaçlarla yazılmış birçok literatür makalesine rastlanmaktadır. Bu çalışmaların ilkinin yapan Glen (1987), tarım sektöründeki planlama modellerinin 1950'lerde Heady'nin (1954), iki ekinin arazi tahsisini için geliştirdiği doğrusal programlama modeliyle başladığını belirtmektedir. Çalışma, 1985 yılına kadar yayınlanmış ekin ve hayvan üretimindeki çiftlik planlama modellerini kapsamaktadır. Bu çalışmalar başka araştırmacılar tarafından, belirsizlik altında çiftlik planlama (Hardaker et al., 1991), tarımsal kaynak yönetiminde çok kriterli analiz (Hayashi, 2000), ve ekin planlamada modelleme yaklaşımları (Lowe & Preckel, 2004) gibi katkı yapan konularla daha da genişlemiştir. Lucas ve Chhajed (2004) tarafından yapılan farklı bir derlemede, depo ve işleme tesislerinin yer seçimiyle ilgilenen konum analizi problemlerini ele alan araştırmalar yer almıştır. 1990'lardan sonra, araştırma alanının yaygınlaşmasıyla, tarımsal problemlerin daha çok çeşitlendiği görülmektedir. Yayınlandığı yıla kadar, tarımda yöneylem araştırması literatürünü en kapsamlı ele alan Ahumada ve Villalobos (2009), eskiye kıyasla tedarik zinciri planlama modellerinin çiftlik planlama modellerinden daha çok çalışıldığını belirtmektedirler. Bu gelişme, tarımsal tedarik zincirlerinin daha uzun mesafeli olmasıyla daha çok gündeme gelen bozulabilirliğe bağlı gıda israfının, TTT'yi daha tepkisel olmaya mecbur bırakmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, bu çalışmaların maliyetten tasarruf açısından büyük potansiyeli olsa da TTT paydaşları arasındaki iş birliğinin zorluğu ve karmaşıklığı nedeniyle gerçek hayat uygulamalarının az olduğunu belirtmişlerdir. 2010 yılından sonra çok sayıda literatür makalesi yayınlanmış olsa da odak noktası çiftçiliğe özgü operasyonları içeren çalışmalar değil tedarik zinciri yönetimi olmuştur. Bochtis vd. (2014) tarafından yapılan başka bir derlemede, tarımsal makine yönetimindeki gelişmeler

aktarılmıştır. Araştırdıkları çalışmaları beş problem türü altında gruplamışlardır: kapasite planlaması (stratejik), görev zaman planlaması (taktiksel), çizelgeleme (operasyonel), rotalama (operasyonel) ve performans değerlendirmesi. Performans değerlendirmesi dışındaki tüm problemler, TTZ'nin üretim ve hasat işlevleriyle ilişkilidir. Bu araştırmaya göre, en güncel ve kapsamlı derleme, sürdürülebilirlik üzerine yoğunlaşan, TTZ yönetimindeki 247 makaleyi derleyen Nematollahi ve Tajbakhsh (2020)'in çalışmasıdır. Önceki çalışmalardan farklı olarak, sürdürülebilirlik konusuna özellikle bir yoğunlaşma olduğuna dikkat çekmektedirler. Makale toplama sürecindeki anahtar kelimeleri 'tedarik zinciri' olsa da ekin nöbeti ve hasat planlama gibi çiftlik seviyesinde üretim ile ilgili olan problemleri ele alan bir araştırma akımına ait önemli sayıda (84) çalışma olduğu tespit edilmiştir. Bu güncel çalışmalara dayanarak, çiftlik seviyesindeki problemleri ele alan çalışmalar ekin planlama, makine yönetimi ve hasat planlama başlıkları altında detaylı incelenebilir.

Çalışmalar detaylı incelendiğinde, problemdeki amaçlar ve parametrelerdeki belirsizlik açısından metodolojik çeşitlilik olduğu görülmüştür. İncelenen çalışmalarda kullanılan optimizasyon yöntemlerinin sayısal dağılımı Şekil 1'de görülmektedir. Buna göre; çalışmalarda seçilen yöntemlerin problemin amacı, belirsizlik ve karar değişkeni çeşitliliği açısından sahip olduğu özelliklerden etkilendiği görülmektedir. Çalışmalarda en çok kullanılan (18) yöntem karışık tamsayılı programlama olmuştur. Çok sayıda karar değişkeninin problemi NP-Zor yaptığı, yani kısa sürede çözülemez olduğu durumlarda da (17) rahatlatma yöntemleri, meta sezgiseller ve evrimsel algoritmalar kullanılmıştır. Belirsizlik karşısında en çok tercih edilen yöntemler stokastik programlama (Albornoz vd., 2019; Avanzini vd., 2021; Huh & Lall, 2013), doğrusal olmayan programlama (Cortignani & Severini, 2012; Harel vd., 2022) ve karmaşık tam sayılı programlama (Filippi vd., 2017; Rădulescu vd., 2011) olmuştur. Çalışmaların çoğunda problemlerin tek bir amacı varken, çok amaçlı problem içeren dikkate değer sayıda (15) çalışma olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, en çok tercih edilen yöntem hedef programlama (Ahodo vd., 2019; Biswas & Pal, 2005; Fasakhodi vd., 2010; Lopez-Baldovin vd., 2017; Pal vd., 2009; Pal vd., 2010;), doğrusal programlama (Annetts & Audsley, 2002; Behera vd., 2015; Savin vd., 2014) ve karışık tamsayılı programlama (Jami vd., 2021; Rădulescu vd., 2011; Wang & Huang, 2022a; Varas vd., 2020; Wang & Huang, 2022b) olmuştur.



Şekil 1. Literatürde Metodolojik Dağılım

Kısaltmalar: LP: Doğrusal Programlama; GP: Hedef Programlama; NLP: Doğrusal Olmayan Programlama; MIP: Karışık Tamsayı Programlama; SP: Stokastik Programlama; Diğer: Esnetme Yöntemleri, Meta sezgiseller ve Evrimsel Algoritmalar.

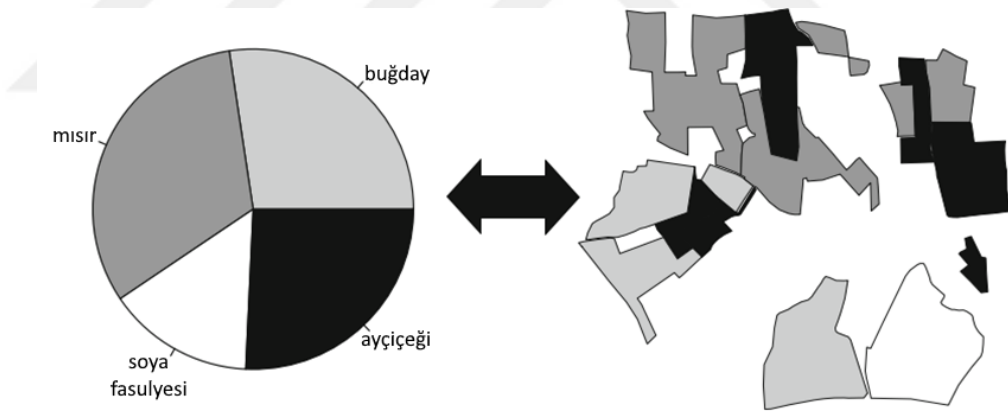
1.1.1. Tarımsal Üretim Yönetimi'nde Karar Alanları

Çiftlik seviyesindeki yöneylem araştırması literatüründe, çalışmaların yoğunlaştığı üç problem kategorisi tespit edilmiştir. Bunlar; ekin kararlarıyla, tarımsal makine yönetimiyle ve hasat operasyonlarıyla ilgili problemler olarak ifade edilebilmektedir. Söz konusu karar problemlerinin amacı, bir tarımsal üretim sisteminin performansını farklı yönlerden ve farklı planlama ufkuna göre iyileştirmeye çalışmaktır. Ekin planlama ve makine yönetimi alanındaki çalışmalarda stratejik, taktiksel ve operasyonel planlama örnekleri görülürken, hasat planlama alanındaki çalışmaların genellikle operasyonel seviyede kaldığı görülmektedir. Bu bölümün geri kalanında, her bir problem sınıfındaki çalışmalar alt başlıklar altında incelenmiştir.

1.1.1.1. Ekin Planlama

Ekin üretim planlaması, yetiştirilecek ekinler ile bu ekinler için ayrılan alanın ve kaynakların belirlenmesi olarak tanımlanmıştır (Glen, 1987). Bu karar alanının uzun bir araştırma geçmişi olmasına rağmen, güncel çalışmalarda da en çok karşılaşılan (23) problem türü olduğu görülmüştür. Ekin planlama temelde iki problemi içerir: ekin tahsisi ve ekin nöbeti. Ekin tahsisi, hangi ekinin ne kadar toprağı işgal edeceğinin belirlenmesidir

(Wijnands, 1999). Bu problem, bir arazideki farklı toprak türlerinden ve/veya pazardaki fiyat dalgalanmalarından kaynaklanmaktadır. Öte yandan, farklı bir problem türü olan ekin nöbeti, aynı arazi içerisinde ve bir zaman aralığında hangi ekinlerin nöbetleşe üretileceğine karar vermektir (Leteinturier et al., 2006). Bu strateji daha çok verimi artırmak, toprak sağlığını korumak ve böcek istilası ile ekin hastalıklardan korunmak için uygulanmaktadır. Şekil 2’te bir ekin tahsisi kararının örneği görülmektedir. Toplam arazinin belli yüzdeliklerinin dört farklı ekine (buğday, mısır, ayçiçeği ve soya fasulyesi) ayrıldığı görülmektedir. Eğer karar verici birkaç yıllık bir ekin sırası belirlemek istiyorsa, örneğin mısır ürettiği tarlalarda peş peşe mısır-soya fasulyesi-buğday sırasını takip etmek istiyorsa, bu problem ekin nöbeti kararlarını da içerir. Araştırmaların genelinde (16) bu iki karar grubunun birlikte değerlendirildiği görülürken, sadece ekin tahsisine (Albornoz & Zamora, 2020; Biswas & Pal, 2005; Filippi vd., 2017; Huh & Lall, 2013; Pal vd., 2009; Pal vd., 2010; Wishon vd., 2015), ekin nöbetine (Annetts & Audsley, 2002; Capitanescu vd., 2017) ve şeker kamışı üretiminde arazi tahsisine (Guan vd., 2017) odaklanan istisnalar da vardır.



Şekil 2. Ekin Tahsisi Örneği

Birçok çalışmada ekin planlaması yapılırken, gıda israfından kaçınmak için operasyon (toprak işleme, ekim, gübreleme gibi) zamanlarının çizelgelendiği modellere rastlanmaktadır. Çalışmalardaki bu kararlar, farklı sayıda ve türde makinelerin değerlendirildiği (Ahodo vd., 2019; Annetts & Audsley, 2002), makinelerin operasyonlara atandığı (Biswas & Pal, 2005; Filippi vd., 2017; Pal vd., 2009; Pal vd., 2010) ve çiftlikteki makineleşme seviyesinin belirlendiği (Guan et al., 2017) makinelerle ilişkili kararlarla birlikte verilmektedir. Makinelerle ilgili kararların yanısıra, söz konusu çalışmalarda optimal işgücü seviyesini bulma amacı da güdülmektedir. Diğer

çalışmalarda ise makinelerden bağımsız olarak işgücü ihtiyacı değeriendirilmektedir (Bhatia & Rana, 2020; Fasakhodi vd., 2010; Montazar, 2011; Wishon vd., 2015).

Sürdürülebilirlik konusunun, ekin planlama problemlerinde farklı açılardan ele alındığı ve iki ana grupta kümelendiğı görülmektedir. Bunlar sırasıyla; ekin korunumu ve sulama yönetimi. Ekin korunumu konusunu işleyen çalışmalar daha çok, kimyasal kullanımının azaltılması (herbisit ve pestisit) ve nitrat özütlemesinden kaçınmak için gübrelemenin doğru zamanda ve miktarda yapılması üzerine geliştirilmiştir (Ahodo vd., 2019; Annetts & Audsley, 2002; López-Baldovin, 2017). Uygun olmayan kimyasal gübre kullanımının yol açtığı nitrat özütlemesi, nitrat anyonlarının toprağın derinliklerine hareket etme süreci olarak tanımlanmaktadır (Padilla vd., 2018). Yeraltı su kaynaklarının kirlenmesine yol açtığı için ilgili çalışmalarda bu durumdan kaçınılmıştır. Su kaynaklarının durumu, başka araştırmacılar tarafından, çok dönemli planlamalarda suyun yeterliliğini sağılayan kısıtlarla ele alınmıştır (Fasakhodi vd., Huh & Lall, 2013; 2010; Montazar, 2011). Her iki durumu da ele alan araştırma örnekleri de vardır (Biswas & Pal, 2005; Pal vd., 2009; Pal vd., 2010). Avrupa Birliğı'nin Ortak Tarım Politikası (Common Agricultural Policy – CAP) tarafından koyulan bu çevresel kısıtlarla beraber başka konularda da sürdürülebilirlik göstergeleri araştırmaların konusu olmuştur. Gelir eşitsizliğı (Cortignani & Severini, 2012; Pakawanich vd., 2021) ve ekin çeşitlendirme (Galán-Martín vd., 2015) bunlardan sadece iki tanesidir. Bahsi geçen araştırmalarda hangi karar türlerinin, sürdürülebilirlik konularının ve optimizasyon yönteminin ele alındığı Tablo 1'de listelenmektedir.

Tablo 1. Ekin Planlama Çalışmaları

Araştırma	İşlem Çizelgeleme	Ekin Nöbeti	Ekin Tahsisi	İşgücü Tahsisi	Makine Kararı	Sürdürülebilirlik Konuları	Optimizasyon Yöntemi
Annetts ve Audsley, (2002)	+	+	-	+	+	Nitrat Özütlemesi, Herbisit Kullanımı	Doğrusal Programlama
Biswas ve Pal, (2005)	-	-	+	+	+	Gübre ve Su Kullanımı	Hedef Programlama
Pal vd. (2009)	-	-	+	+	+	Gübre ve Su Kullanımı	Hedef Programlama
Pal vd. (2010)	-	-	+	+	+	Gübre ve Su Kullanımı	Hedef Programlama
Fasakhodi vd., (2010)	-	+	+	+	-	Su Kaynakları	Hedef Programlama

Montazar, (2011)	-	+	+	+	-	Su Kaynakları	Doğrusal Olmayan Programlama
Rădulescu vd., (2011)	-	+	+	-	-	Gübre ve Pestisit Kullanımı	Karışık Tamsayılı Programlama
Cortignani ve Severini, (2012)	-	+	+	-	-	Su Kaynakları ve Gelir Eşitsizliği	Doğrusal Olmayan Programlama
Huh ve Lall, (2013)	-	-	+	-	-	-	Stokastik Programlama
Alfandari vd., (2015)	-	+	+	-	-	Arazi Kullanımı	Dal-fiyat-sınır Algoritması
Galán-Martin vd., (2015)	-	+	+	-	-	Ekin Çeşitlendirme ve Yeşil Alan Korunumu	Doğrusal Programlama
Santos vd., (2015)	-	+	+	-	-	Arazi Kullanımı	Dal-fiyat-sınır Algoritması
Wishon vd., (2015)	-	-	+	+	-	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Capitanescu vd., (2017)	-	+	-	-	-	Greenhouse Gas Emissions and EU CAP	Karışık Tamsayılı Programlama
Filippi vd., (2017)	+	-	+	-	+	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Guan vd., (2017)	+	-	-	+	+	-	Karışık Tamsayılı Programlama
López-Baldovin, (2017)	-	+	+	-	-	Pestisit ve Su Kullanımı, Nitrat Özütleme, Ekin Çeşitlendirme	Çok Kriterli Programlama
Ahodo vd., (2019)	+	+	+	-	+	Herbisit Kullanımı	Hedef Programlama
Albornoz vd., (2019)	-	+	+	-	-	-	Stokastik Programlama
Albornoz ve Zamora, (2020)	-	-	+	-	-	-	Ayrışma Temelli Sezgisel
Bhatia ve Rana, (2020)	-	+	+	+	-	-	Doğrusal Programlama
Pakawanich vd., (2021)	-	+	+	-	-	-	Öncelik Temelli max-min Sezgiseli
Telles vd., (2021)	-	+	+	-	-	Arazi Kullanımı	Karışık Tamsayılı Programlama

Yöntemsel açıdan, en çok tercih edilen yöntemlerin çok amaçlı programlama teknikleri olan hedef programlama, doğrusal programlama, karışık tamsayılı programlama ve çok

kriterli programlama olduğu görülmektedir. Çünkü ekin planlama alanındaki problemler, çiftçiliğin çok yönlü yapısını ilgilendiren tarımsal üretimin stratejik ve taktiksel kararlarını içermektedir. Hedef programlamayı kullanan çalışmalarda en çok, kâr maksimizasyonu, araziden faydalanma, üretim hedeflerini gerçekleştirme gibi hedeflerin makine saati, insan gücü, su tedariği ve gerekli gübre miktarı gibi kısıtlarla işlenmiştir. Diğer yöntemlerin kullanıldığı çalışmalarda ise doğrusal programlamayla çevresel sonuçların minimize edilmesi (Annetts & Audsley, 2002), karmaşık tamsayılı ağırlıklı hedef programlamayla risk minimizasyonu (Ahodo vd., 2019) ve çok kriterli programlamayla ekin nöbeti amaçları yer almaktadır (López-Baldovin, 2017).

Tek amaç taşıyan çalışmalarda ise en çok tercih edilen yöntem karışık tamsayılı programlama olmuştur. Örneğin Radulescu vd. (2011), üç farklı modelin sonuçlarını çevresel risk minimizasyonu, gelir maksimizasyonu ve finansal risk minimizasyonu amaçlarıyla test edip karşılaştırmıştır. Çalışmaların çoğunda, optimizasyon yazılımları problemleri çözmeye yeterli olsa da NP-Zor sınıfına giren sıkı model örnekleri de vardır. Bu örneklerde en çok dal-fiyat-kesme algoritması (Alfandari vd., 2015; Santos vd., 2015) ve benzetilmiş tavlama meta sezgiseli (Guan vd., 2017) kullanılmıştır. Bazı çalışmalarda yöntem tercihi doğrudan belirsizliğin ele alındığı konularla ilgili olmuştur. Bu çalışmalar, stokastik programlamayı kullanarak ekin fiyatlarında ve verimde belirsizlik konularını işlemektedir (Huh & Lall, 2013; Albornoz vd., 2019).

1.1.1.2. Makine Yönetimi

Çiftlik seviyesindeki bir üretim sisteminde, toprak işlemeden hasada kadar bir ekinin tüm yetiştirilme aşamalarında tarım makineleri rol oynamaktadır. Bir çiftliğin yıllık maliyetinden büyük yer tutan makine yatırımı, gayrimenkul yatırımlarından sonraki en büyük ikinci yatırımdır (Kay vd., 2008). Makine yönetimine odaklanan çalışmaların, problem türü, içerdiği karar türleri, ele alınan sürdürülebilirlik konuları ve optimizasyon yöntemi Tablo 2’de gösterilmiştir. Yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve yakıt maliyeti gibi farklı maliyet türlerine problem türleri farklılaşmaktadır. Yatırım maliyetinin öne çıktığı çalışmalarda makine seçim problemleri ele alınmıştır. Camarena vd. (2004) çalışmasında, farklı tarla büyüklüklerine sahip bir çoklu çiftlik sistemi için, belirli tarla işlemlerinin zamanında tamamlanmasını sağlayan bir makine seçim problemi ele alınmıştır. Benzer şekilde Mohamed vd. (2017), aynı problemi çok ekinli bir çiftlik

sisteminde, traktör sayısını minimize etme amacıyla ele almıştır. Sørensen vd. (2014), farklı pulluk ve kültivatör kombinasyonlarından oluşan toprak işleme sistemlerinin seçim problemini işlemiştir. Her toprak işleme sisteminin farklı toprak etkisi olduğu ve farklı gaz salınımları olan farklı beygirgüçlerine sahip traktörlere ihtiyacı olduğu için bu problemde çevresel kaygılara dikkat çekmektedirler.

Tablo 2. Makine Yönetimi Çalışmaları

Araştırma	İşlem Çizelgeleme	Hasat Kararı	Problem Türü	Sürdürülebilirlik Konuları	Optimizasyon Yöntemi
Camarena vd. (2004)	+	+	Makine Seçimi	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Søgaard ve Sørensen, (2004)	+	+	Makine Büyüklüğü Seçimi	-	Doğrusal Olmayan Programlama
Bochtis ve Vougioukas, (2008)	-	-	Tarla Üzeri Hareket Planı	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Verlinden ve Van Oudheusden, (2009)	-	+	Tarla Lojistiği Yönetimi	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Bakhtiari vd., (2012)	-	-	Tarla Üzeri Hareket Planı	-	Karınca Kolonisi Optimizasyonu
Savin vd., (2014)	-	-	Bıçerdöver Kiralama	Gıda İsrafi	Doğrusal Programlama
Sørensen vd., (2014)	+	-	Toprak İşleme Sistemi Seçimi	Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Salınımı	Karışık Tamsayılı Programlama
Amiama vd. (2015)	-	+	Makine Seçimi ve Rotalama	-	Yeni bir Karar Destek Sistemi
Edwards vd., (2015)	+	-	Filo Yönetimi	-	Tabu Araması
Sethanan ve Neungmatcha, (2016)	-	+	Tarla Lojistiği Yönetimi	-	Parçacık Sürü Optimizasyonu
Mohamed vd., (2017)	+	-	Makine Seçimi	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Rodias vd., (2017)	-	-	Tarla Lojistiği Yönetimi	Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Salınımı	Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması
Amaefule vd., (2018)	-	-	Toprak İşleme Sistemi Seçimi	-	Hunt-Wilson Modeli
Turner vd., (2019)	-	+	Tarla Lojistiği Yönetimi	-	Ayrık Olay Simülasyonu
Jami vd., (2021)	-	+	Filo Yönetimi	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Wang ve Huang, (2022a)	-	-	Filo Yönetimi	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Wang ve Huang, (2022b)	+	+	Filo Yönetimi ve Rotalama	-	Karışık Tamsayılı Programlama
Zhang vd., (2022)	+	-	Makine Bakımı	-	Geri Yayımlı Sinir ağı Algoritması

İşletme ve yakıt maliyetlerinin minimizasyonu amacı, tarla içi lojistik yönetimine dayalı başka bir problem sınıfına yol açar. Bu problem sınıfı, makinelerin tarlalar üzerindeki hareketlerini optimize etme, rotalama, sevkiyat ve tahsis gibi kararları içerir. Tarla üzerindeki hareketlerin optimize edildiği çalışmaların (Bochtis & Vougioukas, 2008; Bakhtiari vd., 2012) asıl amacı, en iyi burun-dönüşü seçeneğini bularak, tarlalarda işlevsiz bir şekilde kat edilen mesafeleri minimize etmektir. Bu burun-dönüşü seçenekleri, tarım makinelerinin tarlalarda işlem yaptığı şeritleri hangi dönüş yöntemiyle değiştirdiklerini ifade eder.

Tarlalar ile depolar arasındaki taşıma maliyetini minimize eden çiftlik içi rotalama problemleri de vardır. Amiama vd. (2015)'nin çalışmasında, bu rotalama problemi makine seçim kararlarıyla entegre edilerek ele alınmıştır. Verlinden ve Van Oudheusden (2009), hasat operasyonlarında gereğinden fazla yapılan burun-dönüşlerine bir ceza maliyeti ekleyerek yeni bir biçerdöver rotalama modeli geliştirmiştir. Bu modeli, otonom sürüş teknolojilerinde kullanılmak üzere sunmuşlardır. Sethanan ve Neungmatcha (2016) bu problemi, manuelden mekanik hasada geçişi sağlayan teknolojik gelişmeden sonra, şeker kamışı hasadındaki operasyonlar için çalışmıştır. Çalışmada önerilen yöntemle, manuel hasat işlemlerine kıyasla daha düşük maliyetler elde edilmiştir. Rodias vd. (2017) ise, tarla lojistiğinin çevreye zararlarını azaltmak için, enerji tüketimini azaltan otomatik navigasyon sistemlerinin etkisini bir tarla kapsama alanı modeliyle test etmiştir. Önerilen rotalama yöntemiyle operasyonel enerji ihtiyacının %3-8 arasında düştüğü bulunmuştur. Turner vd. (2019)'nin çalışmasında, farklı rekoltelere sahip mısır ve buğday hasadı operasyonlarında biçerdöver ve römork rotalama problemi işlenmektedir. Bu problem, tek ekin çeşidi olan problemlere göre daha karmaşık bir yapıdadır. Araştırma sonucunda, hasat işleminden depolamaya kadarki süreçte yaşanan gecikmelerin azaldığı bulunmuştur.

Tarla lojistiği planlaması, tarım makinelerini birbirinin devamı olan çoklu görevlere çok sayıda çiftliğe sevk etmeye dayanan filo yönetimi problemlerini de kapsamaktadır. Edwards vd. (2015), bu problemi modellerken, makinelerin sevkiyatını tarlaların operasyonlara hazır olduğu zamanlarda gerçekleşmesini sağlayan bir konsept getirmiştir. Tarlaların ne zaman hazır olduğunu hava durumu ve toprak yapısı gibi parametrelerle belirlemiştir. Önerilen yöntemlerle zamandan ve maliyetten tasarruf edilmesini sağlayan

optimale yakın sonuçlar elde edilmiştir. Jami vd. (2021) taşıma araçlarından oluşan bir filoyu, sevk edildiği görevlerin aldığı zamana göre çalışanların dinlenme sürelerini hesaba katarak yönetmiştir. Tam sayılı programlama modeli NP-zor olan bu problem için geliştirilen sezgisel yaklaşımla, taşıma işlemlerini minimum araç sayısı ile zamanında tamamlayan optimale yakın planlar elde edilmiştir.

Artan satın alma ve işletme maliyetlerinden dolayı, ortak kullanılan tarım makineleri konseptinin son zamanlarda en çok dikkat çekilen konulardan olduğu belirtilmektedir (Wang & Huang, 2022a; Wang & Huang, 2022b). Zhang vd. (2022) hasat işlemlerinin zamanlamasında önemli rol oynayan biçerdöverlerin bakım operasyonlarını, çizelgeleme problemine yeni bir model ve çözüm yöntemi önererek, kaynak tahsisinde yüksek verimlilik ve zamandan tasarruf elde etmişlerdir.

Yöntemsel açıdan makine yönetimi çalışmaları, tek amaçlı olmalarından dolayı ekin planlamadan farklılaşmaktadır. Bu sebeple, hiç hedef programlama örneği görülmezken en çok (8) tercih edilen yöntem karmaşık tamsayılı programlama olmuştur. Toplam maliyeti ve işlerin tamamlanma süresini aynı anda minimize eden iki amaçlı istisna çalışmalara rastlanmıştır (Jami vd., 2021; Sethanan & Neungmatcha, 2016). Savin vd., (2014)'nin çalışmasında, doğrusal programlamayla benzer bir iki amaçlı problemin ele alındığı görülmüştür. Doğrusal olmayan amaç fonksiyonunun ve kısıtların yer aldığı Søgaaard ve Sørensen (2004)'in çalışmasında doğrusal olmayan programlama kullanılmıştır. Geriye kalan çalışmalarda, çiftlik içerisindeki makinelerin günlük sevkiyat ve rotalama kararlarını içeren operasyonel planlamalarda gelişmiş yöntemler kullanılmıştır. Bu bağlamda kullanılan yöntemler koloni optimizasyonu (Bakhtiari vd., 2012), tabu araması (Edwards vd., 2015), parçacık sürü optimizasyonu (Sethanan & Neungmatcha, 2016), Clark & Wright tasarruf algoritması (Rodias vd., 2017) ve geri yayımlı sinir ağı algoritmasıdır (Zhang et al., 2022).

1.1.1.3. Hasat Planlama

Çiftlik seviyesindeki üretim sürecinin son aşaması olan hasat işlemleri, genellikle operasyonel planlama türüne girmektedir. Hasat makinelerinin çizelgelenmesi, kapasite belirlenmesi ve tahsis gibi taktiksel planlama konularının da hasat planı içinde ele alındığı örnekler vardır. Odak konusu hasat operasyonları olan 13 çalışma Tablo 3'de

görülmektedir. Bu çalışmaların bazıları ekin planlama ve makine yönetimi alanından kararlar da içermektedir.

Hasat operasyonlarının planlandığı çalışmalarda en çok işlenen problem, hasat süreci boyunca katlanılan maliyetleri minimize ederken hasat edilen ekinin kalitesini en yüksek seviyede tutma amacı taşır. Bu probleme genellikle, üzüm bağı veya elma bahçesi yönetimi gibi bozulabilirlik riskinin yüksek olduğu alanlarda karşılaşılmaktadır. Bu çalışmaların amaç fonksiyonunda, verimde kalite kaybını engelleyen bir kalite/maliyet oranı kullanılır. Her ekinin kendine özgü bir kalite kaybı fonksiyonu olduğu için bu problemler genellikle ekine özgü olarak ele alınır. Ferrer vd. (2008), Arnaout ve Maatouk (2010) ve Varas vd. (2020)'nin çalışmalarında, en düşük maliyetle en yüksek kalitede üzüm hasat etme amacı taşıyan hasat işlemlerinin çizelgelenmesi, işgücü tahsisi ve hasat kaldıran birimlerin (el işçisi ve hasat makinesi) rotalanması gibi üzüm hasadıyla ilgili kararlar yer alır. Bohle vd. (2010) ve Avanzini vd. (2021) aynı problemi, belirsiz hava koşullarının işgücü üretkenliği ve üzüm kalitesi üzerindeki olumsuz etkisini de ekleyerek ele almıştır. Aynı yaklaşımları şeker kamışı (Jena & Poggi, 2013), zeytin yağı (Herrera-Cáceres vd., 2017), buğday (He vd., 2018) ve meyve (He vd., 2018) üretiminde de görmek mümkündür.

Albornoz vd. (2021)'nin getirdiği farklı bir yaklaşımda, normalde hasat operasyonları planlanmadan önce yapılan saha sınırı belirleme kararını, hasat planlama sürecinde entegre bir karar olarak verildiği görülmektedir. Yazarlar bu entegre yaklaşımın, geleneksel yaklaşımdaki hiyerarşik kararlardan daha düşük maliyetli sonuçlar verdiğini ifade etmiştir. Bu entegre yaklaşımı Solano vd. (2022), muz üretimindeki ekin planlama, ekin bakımı ve hasat planlama kararlarına uygulamıştır. Benzer bir şekilde onlar da gıda israfının ve operasyon maliyetlerinin düştüğüne dikkat çekmişlerdir. Hasat işlemlerinde makineleşme, başka bir araştırma konusu olarak Harel vd. (2022)'nin çalışmasında görülmektedir. Yazarlar, tatlı biber hasadında insan işçilerle robot işçilerin performansını karşılaştırmışlardır. Bulgular robot işçilerin potansiyel vaat ettiğini ancak ekonomik olarak mümkün olabilmesi için daha çok gelişmeye ihtiyacı olduğunu söylemektedir.

Tablo 3. Hasat Planlama Çalışmaları

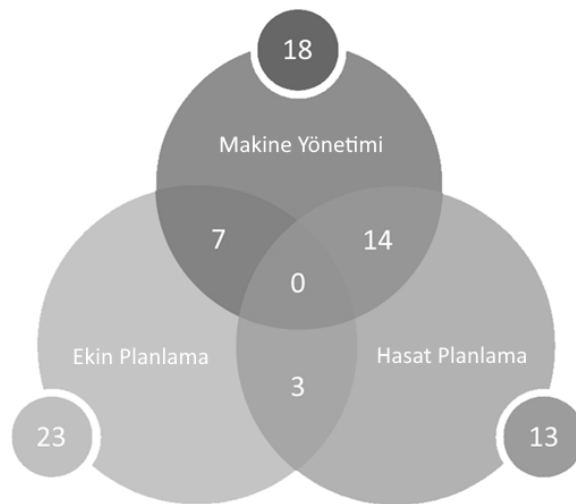
Araştırma	Çizelgeleme	İşgücü Tahsisi	Rotalama	Makine Kararı	Öne Çıkan Konular	Optimizasyon Yöntemi
Ferrer (2008)	vd.	+	+	+	Şarap Üzümü Hasadında Kalite/Maliyet Maksimizasyonu	Karışık Tamsayılı Programlama
Arnaout ve Maatouk, (2010)		+	+	-	Şarap Üzümü Hasadında Kalite/Maliyet Maksimizasyonu	Yeni Sezgisel Önerisi
Bohle (2010)	vd.,	+	+	+	Şarap Üzümü Hasadında İşgücü Verimliliğinin Belirsizliği	Gülbüz Optimizasyon
Jena ve Poggi, (2013)		+	+	-	Şeker Kamışı Hasadında Kalite/Maliyet Maksimizasyonu	Karışık Tamsayılı Programlama
Herrera-Cáceres vd., (2017)	vd.,	+	+	-	Zeytin Hasadında Kalite/Maliyet Maksimizasyonu	Karışık Tamsayılı Programlama
He (2018)	vd.,	-	+	+	Buğday Hasadı Sürecinin Kısaltılması	Tabu Araması
Varas (2020)	vd.,	+	+	+	Şarap Üzümü Hasadında Kalite/Maliyet Maksimizasyonu	Karışık Tamsayılı Programlama
Avanzini vd., (2021)		-	+	-	Hava Durumunun İşgücü ve Üzüm Kalitesi Üzerindeki Etkisi	Stokastik Programlama
Albornoz vd., (2021)		+	-	-	Saha Sınırı Belirleme ve Hasat Planlamanın Entegrasyonu	Karışık Tamsayılı Programlama
Gómez-Lagos vd., (2021)	vd.,	+	+	+	Çoklu Elma Bahçesi Sisteminde Kalite/Maliyet Maksimizasyonu	GRASP Meta sezgiseli
Günder (2021)	vd.,	+	-	-	Çok Ekinli bir Sistemde Kalite/Maliyet Maksimizasyonu	Evrimsel Algoritmalar
Harel (2022)	vd.,	+	+	+	Meyve Hasadında İnsan ve Robot Performansı Kıyaslaması	Doğrusal Olmayan Programlama
Solano (2022)	vd.,	+	-	-	Ekin Ekimi, Bakımı ve Hasadının Entegrasyonu	Doğrusal Olmayan Programlama

Benzer planlama ufku ve tek amaçlı problem yapılarından dolayı hasat planlama çalışmalarının, yöntemsel açıdan makine yönetimi çalışmalarına benzediği söylenebilir. Karışık tamsayılı programlama en çok (5) tercih edilen yöntem olurken belirsizliğin konu olduğu çalışmalarda doğrusal olmayan programlama (Harel vd., 2022; Solano vd., 2022), stokastik programlama (Avanzini vd., 2021) ve gülbüz optimizasyon (Bohle et al., 2010) örnekleri görülmektedir. Diğer çalışmalardaki karışık tamsayılı programlama modelleri NP-Zor olduğu için Arnaout ve Maatouk (2010)'un çalışmasında yeni bir sezgisel önerisi

görülürken tabu araması (He vd., 2018), GRASP meta sezgiseli (Gómez-Lagos vd., 2021) ve evrimsel algoritmalar (Günder vd., 2021) gibi bilinen yaklaşımlar da kullanılmıştır.

1.2. ÇALIŞMANIN LİTERATÜRE KATKISI

Çiftlik düzeyindeki planlama çalışmalarının geneline bakıldığında bazı araştırmaların birden fazla karar alanını bir araya getirdiği görülmektedir. Ekin-makine planlama (Annetts & Audsley, 2002; Sørensen vd., 2014) ve makine-hasat planlama (He vd., 2018; Sethanan & Neungmatcha, 2016) gibi ikililere rastlanmaktadır. Şekil 3’de üç problem sınıfında diğer problemlerden bağımsız çalışmaların ve iki problemin kesiştiği çalışmaların sayıları görülmektedir. Makine yönetiminin ve hasat planlamasının bir arada olduğu çalışmaların sayısı en çok iken ekin-makine ve ekin-hasat ikililerinin sayısı daha azdır. Bilindiği kadarıyla, ekin, makine ve hasat kararlarının bir arada değerlendirildiği bir optimizasyon yaklaşımı yoktur. Ekman (2000)’ın da dikkat çektiği bir husus, optimal ekin nöbetinde makine yönetiminin ve ekin üretimiyle ilgili kararların ilişkili olduğudur. Aslında tarım makinelerinin, toprak yapısı, gübreleme seçeneği ve ekilip biçilecek ekin ile uyumlu olması gerektiği için tüm bu karar alanları birbiriyle bağlantılıdır. Dolayısıyla, üretimin çok aşamalı yapısını (toprak işleme, ekim/dikim, yabancı otların mücadelesi, hasat) ve karar problemlerini (ekin ve makine seçimi) entegre eden çalışmalar daha dikkat çekici olacaktır.



Şekil 3. Literatürde Karar Alanları

Doğası gereği bazı çalışmalarda, doğrudan ekinle ilişkili karakteristik yapılar fark edilmiştir. Örneğin ekin planlama modellerinde hem bozulabilir hem de bozulmayan

ekinler ele alınırken hasat planlama çalışmalarında daha çok bozulabilir ürünlere (özellikle üzüm) yönelik bir eğilim vardır. Öte yandan makine yönetimi modelleri, tarım makinelerine en çok ihtiyaç olan tahıl ürünlerinde (buğday, arpa, yulaf vb.) ve özel ekipmanlar gerektiren ürünlerde (şeker kamışı, pamuk, mısır vb.) uygulandığı görülmektedir. Tüm tarım ürünlerinin üretim aşamalarında makineleşme hızla arttığı için daha çok makine yönetimiyle ilgili kararlar içeren ve daha çeşitli ekinleri değerlendiren optimizasyon modellerinin araştırılma potansiyelinin yüksek olduğu söylenebilir.

Bu çalışma kapsamında, ekin nöbeti kararları ile toprak işlemeden hasada kadarki tüm işlemlerde kullanılan makinelerin yatırımı, tahsisi ve ne kadar kullanılacağı kararlarının entegre edildiği bir model geliştirilmiştir. Bu yönüyle literatüre katkı sağlaması beklenen model ayrıca, makine yatırıma alternatif olan özel çiftçilik (*custom farming*) uygulamasını da hesaba katarak ekin nöbeti uygulamasını ekonomik hâle getirmenin yollarını sunmaktadır. Tarımda yöneylem araştırması literatüründe, tarla üzerindeki işlemlerin bir ücret karşılığında başka bir çiftçiye yaptırılması anlamına gelen özel çiftçilik ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmanın hem karar alanlarının entegrasyonunu sağlayan hem de özel çiftçilik kararlarıyla ekin nöbetinin ekonomik yollarını önerebilen bir model sunması sebebiyle literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu başlığın altındaki 1.2.1 numaralı alt başlıkta ekin nöbetinin çevre ve organik çiftçilik açısından önemi anlatılırken neden stratejik planlama gerektirdiği ve ekonomik kısıtlarının ne kadar bağlayıcı olduğuna değinilmektedir. 1.2.2 alt başlığında ise tarımsal makine yönetimi ve özel çiftçilik uygulaması tüm detaylarıyla alınmaktadır. Bu sayede tarım makinelerinin çiftlik maliyetleri üzerindeki etkisine değinilerek özel çiftçilik uygulamasının ekonomik açıdan sağladığı avantajlar aktarılmaya çalışılmıştır.

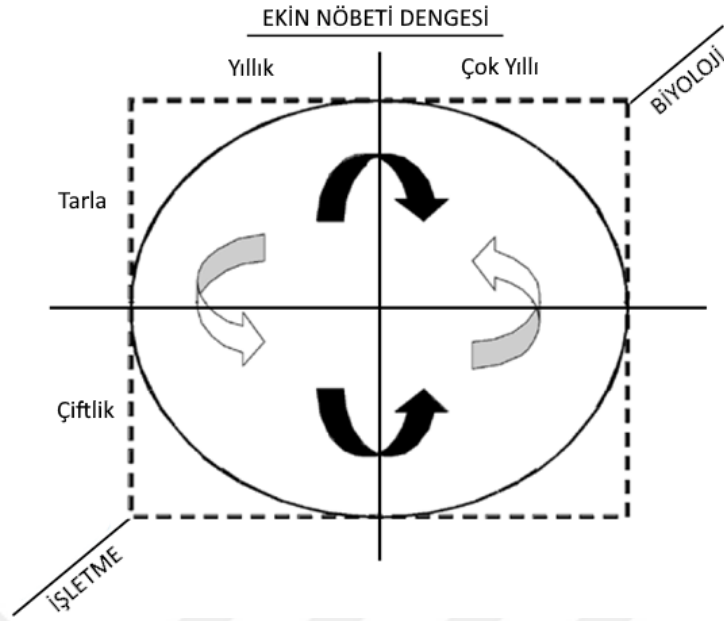
1.2.1. Ekin Nöbeti (Crop Rotation)

Çiftlik yönetiminde amaç sadece ekonomik kaygılar taşıdığına, değişken pazar koşulları yüzünden planlamaların uzun vadeli yapılmadığı ve genellikle 1 yıllık olduğu görülmektedir (Johnson ve Toensmeier, 2009). Ancak söz konusu amaçlar çevresel sürdürülebilirlik ve organik çiftçilik kaygıları taşıdığına çok önemli bir planlamayı gerekli kılmaktadır. Ekin nöbetinin (*crop rotation*) organik çiftçilik için en kritik

uygulamalardan biri olduğuna dikkat çeken Mohler (2009), bu kavramı, bir toprak parçası üzerinde yıldan yıla farklı ekinler üreterek toprak sağlığını geliştirmek, böcekleri kontrol altında tutmak ve ekin hastalıklarını önlemek için uygulanan başlıca yöntem olarak tanımlamaktadır (Mohler, 2009). İyi bir ekin nöbeti için stratejik (çok dönemli) planlamanın gerekli olduğunu, ancak değişen hava şartları, pazar koşulları ve işgücü imkânları gibi faktörlerin bu planlamayı bozabileceğini de sözlerine eklemektedir. Aksi durumda, toprakta bir ekin hastalığının kök salması ve toprağın mineral dengesini bozulması gibi çok daha ciddi sorunlara yol açılabileceğinin de altı çizilmektedir.

Kansas Devlet Üniversitesi'nin (Kansas State University, 2019, Crop Production) paylaştığı üretim rehberlerine göre, ekin hastalığı ve böceklenme karşısında en etkili yöntem olan ekin nöbeti, hastalıkların ve böceklerin yaşam döngüsünü bozarak yıldan yıla aktarılmasını engeller. Çünkü hastalıklar ve böcekler ekin konusunda seçicidir ve bir ürün uzun süre aynı tarlada üretildiğinde, bu hastalıklar ve böcekler o tarlaya daha çok tutunurlar. Aynı durum yabancı otlar için de geçerlidir. Verimi en çok düşüren yabancı otlar, ekilen ekin ile benzer karakteristiğe sahip olan otlardır. Bu yüzden aynı ekinin peş peşe üretildiği tarlalarda, yabancı otların daha çok hayata tutunduğu raporlanmıştır. Bu yüzden ekin nöbeti, yabancı otlar mücadelesi konusunda da en etkili yöntemdir. Ancak hastalık ve böceklenme seviyelerini en aza indiren ekin nöbeti, yabancı ot oluşumunu en aza indirmek için mekanik yöntemlerle ve herbisitle birlikte uygulanmalıdır. Organik çiftçilikte kimyasal kullanımını en aza indirmek önemli olduğu için, mekanik yöntemlere daha çok ağırlık verilmelidir. Ancak bu yöntemler maliyet, zaman ve emek açısından herbisit kullanmaktan daha dezavantajlı olabilir.

Sonuç olarak, çiftlik yönetiminde ekonomik bir planlama ile organik çiftçilik ve çevresel sürdürülebilirlik için yapılan bir planlama arasında karşılıklı olduğu söylenebilir. Nöbetleşe ekin üretiminin çok boyutluluğuna dikkat çeken Johnson ve Toensmeier (2009), bu üretim yönetiminde kararların, tarla düzeyinde ve çiftlik düzeyinde verilmesi arasındaki fark ile tek yıllık ve çok yıllık verilmesi arasındaki farkın iyi anlaşılması gerektiğini ifade etmektedirler. Organik çiftçilikte başarılı olan insanların bu boyutlardaki dengeyi koruyarak başarıya ulaştıklarını ifade ettikten sonra, söz konusu boyutlar arasındaki ilişkiyi Şekil 1'deki gösterimle açıklamışlardır.



Şekil 4. Nöbetleşe Üretimin Boyutları

Şekil 1’deki düzlemde yer alan 4 bölge için aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir:

- 1. Bölge (Tarla Düzeyi – Yıllık Planlama): Bu bölge, ekonomik ve organik çiftçilik kaygılarına eşit mesafede olan bir bölge olsa da sadece tarla düzeyinde kararlar verileceği için çiftlik genelinde ekonomik olmayan sonuçlar doğurabilir. Tek bir tarla adına çiftlikten bağımsız kararlar vermek, çiftliğin sahip olduğu kaynakların verimli paylaşılmasına engel olabilmektedir.
- 2. Bölge (Tarla Düzeyi – Çok Yıllı Planlama): Bu bölge ekonomik kaygıların hiç değerlendirilmediği, sadece organik tarım için gerekli olan boyutlara göre hareket edilen bölgedir. Geçimini sağlamak zorunda olan çiftçiler için bu bölgede verilen kararlar ekonomik gerçeklerden uzak kalmaktadır.
- 3. Bölge (Çiftlik Düzeyi – Yıllık Planlama): Bu bölgedeki yaklaşım organik tarımdan tamamen uzak, tek amacı ekonomik kaygılardan oluşan bir yönetimi temsil eder. Çevre ve gıda güvenliği kaygılarının arttığı bu dönemde, bu yönetim yaklaşımının geçerliliği kalmamıştır.
- 4. Bölge (Çiftlik Düzeyi – Çok Yıllı Planlama): Ekonomik ve organik tarım kaygılarına eşit mesafede olan bu bölgede, hem çok dönemli düşünülerek

nöbetleşe ekin üretim kararı verilir hem de bu karar çiftlik geneli düşünülerek verildiği için ekonomik olan seçeneklere öncelik verilir.

Tarım sektöründe giderek daralan kâr marjları ve çevresel kısıtlar, çiftlik üretiminde stratejik planlama yapmayı hem daha önemli hem de daha zor hâle getirmiştir (Rotz, 2004). Dolayısıyla bu çalışmada tanımlanan problem, 4. Bölge'yi, yani çiftlik düzeyinde çok yıllık bir planlamayı temsil etmektedir.

1.2.2. Makine Yönetimi ve Özel Çiftçilik (*Custom Farming*)

Tarımda makineleşmenin getirdiği problemlerden biri doğru makineye yatırım yapmak ve makineleri verimli seviyelerde kullanmaktır. Gayrimenkul maliyetlerinden sonra en yüksek maliyetli yatırım aracı olduğu düşünüldüğünde, yıllık makine maliyetleri bir çiftliğin toplam yıllık maliyeti içerisinde büyük yer tutar (Kay, Edwards ve Duffy, 2008). İşgücüyle beraber diğer maliyet kalemleri üzerinde etkisi olan makinelerin, çiftlik büyüklüğü, ekin planı ve diğer faktörlere uyumu sağlanarak maliyetlerde düşüş sağlamak mümkündür (Poulsen ve Jacobsen, 1997). Ayrıca dünya çapında, tarım sektöründeki makineleşmenin üretim maliyetleri, verimlilik seviyeleri, enerji tüketimi, işgücü ihtiyacı ve ürün kalitesi üzerinde çarpıcı etkileri vardır (Bakhtiari vd. 2012). Optimal makineleşme seviyesinin belirlenmesinin çok karmaşık bir süreç olduğuna dikkat çeken Sogaard ve Sørensen (2004), bu karmaşıklığın makineler ile çiftliğin ekin, toprak yapısı ve hava koşulları gibi mekanik, biyolojik ve çevresel alt sistemleri arasındaki ilişkiye bağlamıştır. Bunun için şu soruların sistematik olarak cevaplanması gerektiğini ileri sürmüşlerdir: Operasyonların hangi ihtiyaçları hangi makineler tarafından karşılanmaktadır? Hangi makineler pazarda mevcuttur? Hangi makine büyüklükleri ekonomik olarak optimaldir? Makinelerin kullanımı ne tür maliyetler oluşturmaktadır?

Makine yönetiminde verilen kararların stratejik çiftlik planlamasına dahil edilmesi önemlidir, çünkü çiftçilerin büyük maliyet tasarrufu sağladığı örneklerde görülmüştür ki uygun makine seçimi ve bu makinelerin iyi yönetilmesi, maliyetlerin azaltılmasında kilit rol oynamaktadır (Yule, Kohnen ve Nowak, 1999). Uygulamada çiftçilerin, tarım makinelerini verimi ve geliri artırmak için kullandığı görülmektedir. Çünkü tarım makinelerinin, yüksek üretim verimliliği, iyi üretim kalitesi, yapay maliyetlerinin düşmesi ve gübre, tohum maliyetleri gibi diğer maliyet kalemlerinde düşüş gibi

avantajları bulunmaktadır. Ancak tarım makineleri çok pahalıdır ve küçük çiftçilerin alım gücü bu makinelere yetmez (He vd., 2018). Dolayısıyla, özellikle küçük çiftçiler için talep üzere ve düşük maliyetli hizmet vermeye dayanan tarım makinesi paylaşımı (shared agricultural machinery, SAM) konsepti, verimli bir yöntem olarak kabul görmüş ve uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntemle çiftçiler, üretim planlarındaki ekini, operasyonu (yabani ot temizleme, gübreleme, hasat kaldırma gibi), alan büyüklüğü, yer ve zaman belirterek bir tarım makinesi paylaşım şirketine başvuru yapabilirler (Wang ve Huang, 2022). Bu yöntem ilk olarak, en pahalı makine olan biçerdöverlerin paylaşımı olarak uygulanmaya başlamış ve genellikle böyle devam etmiştir. Bu nedenle Pitakaso ve Sethanan (2019), ‘tarım makinesi paylaşımı’ kavramını orta ve büyük ölçekli çiftçiler ile üçüncü taraf hizmet firmalarının biçerdöverlerini paylaşarak kazanç elde etmesi olarak tanımlamıştır. Ancak bu yöntem çok daha geniş uygulama alanına ulaşarak çiftçilerin kendi aralarında hizmet alışverişi olarak yaptığı ‘özel çiftçilik (*custom farming*)’ uygulamasına dönüşmüştür. Edwards (2019) tarafından yapılan açıklamaya göre özel çiftçilikte bir makine operatörü, anlaşma yaptığı çiftlik sahibinin bir veya daha fazla operasyonunu sabit ya da birim alan başına bir ücret karşılığında yapar ve çiftlik sahibi tüm tohum, ilaç ve diğer girdi maliyetlerini karşılayarak üretimden elden edeceği gelire sahip olur. Bu uygulamanın hem operatör hem de çiftlik sahibi açısından avantajları olduğunu belirten Edwards (2019) bu avantajları aşağıdaki şekilde açıklar:

- Makine operatörü açısından özel çiftçilik hizmeti vermenin en büyük avantajı, fazladan eklenen operasyonel maliyetinin yok denecek kadar az olmasıdır. Genellikle katlanılan maliyetler sadece yakıt, işgücü, tamir ve bakım maliyetleridir. Ayrıca özel çiftçilik ücreti baştan belirlendiği için verim riskinden etkilenmez. Yüksek tamir maliyetleri bir risk oluştursa da çiftlik sahibinin maruz kaldığı rekolte ve pazar riskine kıyasla küçük bir risktir. Verimli bir yılda, özel çiftçilik hizmeti vermek yerine tarla kiralayıp üretim yapmanın daha çok getiri sağlama ihtimali vardır ama riski daha yüksektir.
- Çiftlik sahibi açısından da özel çiftçilik hizmeti satın almanın avantajları vardır. Küçük çiftliklere sahip olanlar, pazarlama ve üretim kararlarını büyük bir makine setine sahip olmadan verebilirler. Tarlasını kiraya vermeden üretimden elde edeceği gelire sahip olacağı için kira bedeli toplamak zorunda kalmaz. Ödeyeceği

vergilerde avantaj sağlayacağı gibi ürettiği ekin türüne göre devlet desteği de almaya devam eder. Ayrıca bu yolla çiftçi makine yönetimiyle uğraşmaz ve zamandan tasarruf eder.

Özel çiftçilik anlaşmalarının bazılarında, tüm işlemler için sabit bir ücret oranı uygulanırken çoğunlukla tercih edilen yöntem her işlem için farklı ücret tarifesini uygulamaktır. Bu anlaşmaların çoğu resmi olmayan bir şekilde yapıldığını belirten Edwards (2019), veri takibi için bu anlaşmaların ilanlarının resmi reklam ve duyuru kanallarında verilmesi gerektiğine vurgu yapmıştır. Uygulanan ücret tarifelerine ilişkin veriler, çiftçilere yapılan anketler aracılığıyla Amerika Birleşik Devletleri eyaletlerinde güncel olarak raporlanmaktadır (Iowa State University, 2025). Raporlarda yer alan ücretler makine, enerji, yakıt ve işgücü maliyetlerini içerirken kimyasallara, tohumlara ve diğer malzemelere ilişkin maliyetleri içermez. İşlemlerin çoğu birim alan başına ücretlendirilirken hasat işlemlerinin çoğunlukla rekolte hacmine göre ücretlendirildiği görülmektedir. Ücret karşılığı olmayıp, hizmet takası şeklinde yapılan anlaşmalar da vardır ancak bu raporlarda yer almamaktadırlar. Bir işlem için uygulanan en düşük ve en yüksek ücret tarifeleri arasında büyük farklar görülebilmektedir. Bu durumun komşuluk, akrabalık ve yakın arkadaşlık gibi resmi olmayan sebepleri olabilir. Ancak toprak koşulları ve tarla büyüklükleri en etkili faktörlerdir. İşlemin ne kadar hızlı yapıldığı, makine performansı, operatör yeteneği gibi özel faktörler de daha yüksek ücretlere neden olabilmektedir (AgManager.info, 2024, Custom Rates Survey).

Makineye sahip olmadan çiftlik operasyonları yürütmenin diğer yolu olan kiralama yönteminin ücretlendirilmesi de özel çiftçilik ücretleri üzerinden hesaplanmaktadır. Diğer bir ifadeyle kiralama ücretleri, özel çiftçilik hizmet bedelinin işgücü, yakıt ve enerji maliyetlerinden arındırılmış hâlidir. Örneğin bir toprak işleme operasyonunun akre başı özel çiftçilik hizmet bedeli 17,55 dolar ise, bu işlem için gerekli olan traktör ve ekipmanın kiralama ücreti akre başı %60 oranında yani 10,53 dolar olarak hesaplanır (Iowa State University, 2025). Bu sebeple, bir işlemi özel çiftçilik hizmeti olarak yapma kararı ile gerekli traktör ve ekipmanı kiralama kararı arasında ekonomik açıdan büyük bir fark yoktur. Dolayısıyla bu çalışmada geliştirilen model, makine yatırımına alternatif olarak özel çiftçilik hizmetlerini değerlendirerek yüksek makine maliyetleri sorununa ekonomik bir çözüm sunması beklenmektedir.

2. BÖLÜM MODEL GELİŞTİRME

Çalışmada geliştirilen model, tarımsal yönetim problemlerinden olan çiftlik planlama modeline geniş bir pencereden bakılarak tasarlanmıştır. Çiftlik planlama kavramının içerisine ekin seçimi, makine/ekipman seçimi ve makinelerin hangi tarlalara, hangi yıllarda ve ne kadar süreyle atanacağı gibi kararlar girmektedir. Literatürdeki çalışmaların bu kararlardan sadece bir veya birkaçını içeren modeller sunduğu ve seçilen karar grubu dışındaki kararları bir parametre olarak kabul ettiği görülmektedir. Ancak bir karar grubunun sabit bir parametre olarak kabul edilebilmesi için problemin bir bölgeye özgü olması ve modelin de ona göre tasarlanması gerekir. Bu yüzden bu çalışmadaki model, birbirini etkileyen birçok karar grubunu aynı anda etkileşime sokarak hem bu kararların birbirinden bağımsız değerlendirmenin yaratabileceği olumsuz sonuçları engelleme hem de sadece bir konumda sınırlı kalmayıp herhangi bir coğrafi bölgede uygulanabilir olma özelliklerini taşıyacak şekilde geliştirilmiştir.

2.1. PROBLEM TANIMI

Çalışmada ele alınan problem, birçok tarımsal bilgi ve karar grubunun birbiriyle etkileşim içinde olduğu bir bütünsel çiftlik planlama (whole-farm planning) problemidir. Problemden yer alan bilgiler içerisinde planlama periyodu, tarla sayısı ve büyüklüğü, ekin verileri (satış fiyatı, tohum, gübre, ilaç maliyetleri vb.), nöbetleşe ekin üretimi planları, operasyon planları, operasyon çeşitleri, makine ve ekipman verileri (beygir gücü, saatlik işlem yapılabilen alan, yakıt tüketimi vb.) ve özel çiftçilik ücretleri yer almaktadır. Planlama periyodu karar vericinin uygun bulduğu uzunlukta belirlenebilir ancak önerilen model, nöbetleşe ekin üretimine uygunluğuyla öne çıktığı için en az 2 yıllık bir planlama önerilir. Tarlalara ait özellikler çiftlikten çiftliğe değiştiği için tarlaların sayısı ve büyüklüklerinin nasıl bir dağılım gösterdiği modelin uygulandığı zamana ve mekâna göre farklılık gösterir. Problemden yer alan ekinlerin belirlenmesi toprak ve iklim koşullarına, verilerin varlığına ve çiftlik sahibinin ekin çeşitliliği konusundaki tavrına bağlıdır. Model deterministik olduğu için ekinlerin satış fiyatı, tohum, gübre ve ilaç maliyetleri sabit kabul edilmiştir.

Ekinlerden ne kadar verim alınacağı problemin en önemli noktalarından biridir. Çünkü bu bilgi ekinin hangi yılda, hangi operasyon planıyla ve hangi ekinlerle nöbetleşe olarak üretildiğine göre değişebilir. Verinin uygunluğuna bakılarak yıllara göre değişen veya sabit kalan bir rekolte verisi kullanılabilir. Ancak ekin nöbeti uygulaması verimi etkilediği için (Mohler, 2009), rekolteye ait veriler nöbetleşe üretim planlarına uygun olmalıdır. Her ne kadar geliştirilen model nöbetleşe üretim planlarına uygun olarak tasarlanmışsa da nöbetleşe üretimin yapılmadığı çiftliklerde de uygulanabilir. Örneğin peş peşe sadece buğday üreten bir çiftliğin planlanmasını içeren bir problem için kullanılmasının önünde hiçbir engel yoktur. Bir ekinden maksimum verimi almanın birden fazla yolu vardır. Bu yüzden maksimum verimi sağlayan bütün operasyon planı seçeneklerine dair bilgiler de problemde yer almaktadır. Her bir operasyon planı seçeneğinde hangi işlemlerin kaç defa yapıldığı ve hangi rotasyonlu üretim planıyla uyumlu olduğunun bilgisi de gereklidir. Çünkü bu bilgiler hem hangi rotasyonlu üretimin uygulanacağı kararını ve hem de ilgili operasyonların nasıl yapılacağı kararını etkilemektedir.

Operasyonların nasıl yapıldığına ilişkin bilgiler de problemin bir diğer önemli konusudur. Bir çiftlikteki operasyonlar iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir; çiftçinin kendi imkanlarıyla yapması veya özel çiftçilik hizmeti satın alarak yaptırması. Bir operasyon çiftçinin kendisi tarafından gerçekleştirilecekse ilgili operasyon için gerekli olan makine ve/veya ekipmana dair bilgilere ihtiyaç vardır. Bu bilgiler başlıca; beygir gücü, saatlik yakıt tüketimi, saatlik işlem alanı, operatör türü, sahip olma maliyeti, tamir/bakım maliyeti olarak sayılabilir. Diğer seçenekte ise özel çiftçilik hizmetlerinin hangi operasyonlar için geçerli olduğu ve hangi ücretlerde satın alınabileceğine dair bilgilere ihtiyaç vardır. Özel çiftçilik hizmetleriyle ilgili bilgiler bu çalışmanın motivasyonu ile doğrudan ilişkili olduğu için büyük önem taşır. Bu ilişkinin sebebi, tarımsal üretimdeki yüksek makine/ekipman maliyetlerine dayanmaktadır. Eğer bir makine/ekipman grubuna sahip olmanın getireceği maliyetler özel çiftçilik hizmetlerini satın alma maliyetini aşıyorsa özel çiftçilikten faydalanmak ekonomik olarak daha mantıklı olacaktır. Bu ödünleşim, çalışmada tanımlanan problemin başlıca özelliklerinden birisidir.

Problemin amacı, üretilen ekinlerle ilişkili olan gelir ve gider farkını maksimize etmek için gerekli olan çiftlik planını oluşturmaktır. Bu plan, ekin seçimi, üretim planı seçimi,

operasyon planı seçimi, makine/ekipman atama ve satın alma, özel çiftçilik hizmeti satın alma ve özel çiftçilik hizmeti sunma kararlarını içermektedir.

2.2. TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

Çalışmada sunulan model, George Dantzig'in (1948) çalışmasıyla başlayan doğrusal programlamanın (*linear programming*) bir çeşidi olan tamsayılı doğrusal programlama (*integer linear programming*) tekniğiyle geliştirilmiştir. Tanımlanan problem için literatürde daha önce geliştirilmiş bir tamsayılı doğrusal programlama modeline rastlanmadığı için model en baştan tasarlanmıştır. Bu özelliğiyle, literatüre yeni bir model olarak katkı sağlaması beklenmektedir.

Model şu varsayımlar altında çalışmaktadır:

- Plan, tarımsal tedarik zincirinin sadece çiftlik düzeyindeki üretim aşamasını kapsamaktadır. Toprağın sürülmesinden ekinin hasadına kadar olan işlemler modelde yer alırken hasat sonrası aşamalar (depolama, taşıma vb.) modele dahil edilmemiştir.
- Ürün yelpazesi sadece tarla ekinleriyle (mısır, pamuk, buğday vb.) sınırlıdır. Hayvancılık faaliyetleri yer almamaktadır.
- Aynı yıl içerisinde birden fazla üründen hasat alınabilir.
- Ekinlerden alınan rekolte sulama kararına ve yıllara göre farklı değerler alabilir.
- Ekinlerden alınan rekolte birden fazla operasyon planı çeşidiyle elde edilebilir.
- Ekin satış fiyatları sabittir.
- Özel çiftçilik hizmet ücretleri sabittir.
- Girdi maliyetleri (tohum, gübre, herbisit ve pestisit) sadece ekine ve sulama kararına göre değişiklik gösterir.
- Yakıt maliyeti sabittir.
- İşgücü maliyeti sadece işletilen makine/ekipman türüne göre değişiklik gösterir.

- Makine ve ekipmanların güncel liste fiyatları sabittir.
- Satın alınan makine/ekipman için seçilen yıllık kullanım seviyesi planlama ufku boyunca sabittir.
- Satın alınan makine/ekipman setinin sahip olma ve tamir/bakım maliyeti sadece planlama ufkunu kapsar. Sahip olma maliyeti yıllık olarak hesaplandığı için planlama ufku kaç yıla o kadar yılla çarpılır. Örneğin bir traktörün ekonomik ömrü 8 yıl ve planlama ufku da 5 yıl ise bu traktörün yıllık sahip olma maliyeti 5 ile çarpılarak hesaplanır.
- Makine/ekipman satın alım fiyatı güncel liste fiyatı üzerinden yaşına ve saat cinsinden toplam ne kadar kullanıldığına göre hesaplanır.

2.2.1. İndisler

Modelde yer alan parametreler ve karar değişkenleri için kullanılan indisler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

- Planlama ufkunu oluşturan yıllık zaman periyotları kümesi Y harfiyle ifade edilmektedir. Buna göre planlama ufku beş yıl ise $Y = \{1,2,3,4,5\}$ şeklinde olacaktır.
- Çiftlikte bulunan tarlaları ifade eden küme F harfiyle, tarlalar ise sayılarla değil harflerle gösterilmiştir. Eğer çiftlikte 4 tarla varsa küme şu şekilde olacaktır; $F = \{a \text{ tarlası}, b \text{ tarlası}, \dots, d \text{ tarlası}\}$.
- İşgücü türlerini ifade eden küme L harfiyle gösterilmiştir. Bu küme operatör işçi ve el işçisinden oluşuyorsa şu şekilde olur; $L = \{\text{operatör}, \text{el}\}$
- Nöbetleşe üretim planı seçenekleri R harfiyle ifade edilmiştir. Toplam 10 farklı üretim planından oluşan bir küme şöyle gösterilir; $R = \{\text{rotasyon1}, \text{rotasyon2}, \dots, \text{rotasyon10}\}$
- Ekinler C harfiyle gösterilmiştir. Örnek bir ekin kümesi şöyle olabilir; $C = \{\text{buğday}, \text{mısır}, \dots, \text{pamuk}\}$

- Ekinlerin sulama durumunu gösteren küme I harfiyle gösterilir ve şu şekilde ifade edilir; $I = \{sulanmamış, sulanmış\}$
- Traktör modellerini kapsayan küme T ile gösterilmiştir. Modelde yer alan traktör modeli sayısı 20 ise $T = \{traktör\#1, traktör\#2, \dots, traktör\#20\}$ şeklinde olabilir.
- Biçerdöver modellerini kapsayan küme V ile gösterilmiştir. Modelde yer alan biçerdöver modeli sayısı 20 ise bu küme $V = \{biçerdöver\#1, biçerdöver\#2, \dots, biçerdöver\#20\}$ şeklinde olabilir.
- Kendi yürür makine modellerini kapsayan küme P ile gösterilmiştir. Modelde yer alan kendi yürür makine çeşitleri farklı amaçlar için kullanılabilir. Örneğin $P = \{pamuktoplamamakinesi\#1, pamuktoplamamakinesi\#2, \dots, pülverizatör\#5\}$ şeklinde olabilir. Makinelerin kullanıldığı amaca göre ayrılmış alt kümelere de ihtiyaç vardır. Bunlar, pamuk toplama makinesi için O harfiyle ve gübreleme/ilaçlama makineleri için M harfiyle gösterilmiştir.
- Biçerdöver başlıklarını kapsayan küme D ile gösterilmiştir. Modelde yer alan biçerdöver başlıkları farklı ekinlerin hasadı için kullanılabilir. Örneğin $D = \{buğdaybaşı\#1, buğdaybaşı\#2, \dots, mısırbaşı\#5\}$ şeklinde olabilir.
- Traktör, biçerdöver, kendi yürür makine ve biçerdöver başlıkları için belirlenen yıllık kullanım seviyeleri G harfiyle gösterilmiştir. Buna göre üç adet yıllık kullanım seviyesi belirlendiyse $G = \{1,2,3\}$ şeklinde olur.
- Traktör, biçerdöver, kendi yürür makine ve biçerdöver başlıklarını kapsayan küme K harfiyle gösterilmiştir. Bu küme yıllık kullanım miktarına göre hurda değeri değişen makine/ekipman setleri için belirlenmiştir. T, V, P ve D kümeleri bu kümenin alt kümeleridir.
- Traktör tarafından çekilen ekipmanların yer aldığı küme E harfiyle gösterilmiştir. Bu aletler üretim sürecinde farklı işlemler için kullanılıyor olabilir. Örneğin bu küme $E = \{saban\#1, saban\#2, pulluk\#1, \dots, mibzer\#5\}$ şeklinde olabilir.

- Biçerdöver başlıklarını, kendi yürür makineleri ve ekipmanları kapsayan küme O harfiyle gösterilmiştir. Bu küme, operasyonlar için doğrudan gerekli olan makine/ekipman setleri için belirlenmiştir. P, D ve E kümeleri bu kümenin alt kümeleridir.
- Tüm makine/ekipman setleri için belirlenen toplam kullanım seviyeleri L ile gösterilmiştir. Eğer on adet toplam kullanım seviyesi belirlendiyse $L = \{1,2,3, \dots, 10\}$ olur.
- Tüm makine/ekipman setlerini kapsayan küme M harfiyle gösterilmiştir. K, E, T, V, P ve D kümeleri bu kümenin alt kümeleridir.
- Operasyon planlarının numaralandırıldığı küme N harfiyle gösterilmiştir. Buna göre eğer 20 farklı operasyon planı varsa küme şu şekilde olacaktır; $N = \{1,2,3, \dots, 20\}$.
- Operasyon planlarının içerisinde yer alan işlemleri kapsayan küme A harfiyle gösterilmiştir. Toprak işleme, ekim/dikim, gübreleme/ilaçlama ve hasat gibi işlem kategorilerinden elemanlar içeren bu küme, $A = \{toprakışleme, buğdayekimi, \dots, mısırhasadı\}$ şeklinde olabilir.
- Bir operasyonun çiftçinin kendisi tarafından mı yapılacağını yoksa özel çiftçilik hizmetiyle mi yaptırılacağını gösteren indisler Z kümesinde yer alır. Küme şu şekilde ifade edilebilir; $Z = \{kendinyap, özelyaptır\}$.
- Özel çiftçilik hizmetleri için mevcut olan seçenekleri gösteren küme U harfiyle gösterilmiştir. Eğer mevcut olan özel çiftçilik hizmetlerinin sayısı 50 ise küme şu şekilde olur; $U = \{1,2,3, \dots, 50\}$.

2.2.2. Parametreler

Belirtilen indisleri kullanan çok sayıda parametre modelde yer almaktadır. Bunlar başlıca; ekin, tarla, makine/ekipman, operasyon ve özel çiftçilik verileriyle oluşturulan parametrelerdir. Modelde ayrıca indislere bağlı olmayan parametreler (öncelikli ekin, risk

seviyesi gibi) de yer almaktadır. Tüm parametreler birden fazla ve küçük harflerle ifade edilmiş ve Tablo 4’de gösterildiği gibidir.

Tablo 4. Parametreler

$alan_f$	=	$f \in F$, f tarlasının alan büyüklüğü
rsk	=	Karar vericinin aldığı risk seviyesi (En az 1 -en düşük risk- en fazla tarla sayısı kadar değer alabilir)
$fytc$	=	$c \in C$, c ekininin satış fiyatı
$pfyt$	=	Pamuk tiftiğinin satış fiyatı
gbr_c^i	=	$c \in C$ ve $i \in I$, c ekininin i sulama durumuna göre birim alan başına düşen gübre maliyeti
thm_c^i	=	$c \in C$ ve $i \in I$, c ekininin i sulama durumuna göre birim alan başına düşen tohum maliyeti
pst_c^i	=	$c \in C$ ve $i \in I$, c ekininin i sulama durumuna göre birim alan başına düşen pestisit maliyeti
$vrmy_{rci}$	=	$r \in R, c \in C, i \in I$ ve $y \in Y$, r nöbetleşe üretim planının y yılında, i sulama durumuna göre c ekininden alınan verim (birim alan başına)
$xvrm$	=	Değerlendirilen ekinlerden alınabilecek en yüksek verim (birim alan başına)
$mhsl$	=	Çiftliğin üretmesi gereken başlıca ekin
uop_{rci}^n	=	$r \in R, c \in C, i \in I$ ve $n \in N$, r nöbetleşe üretim planında i sulama durumuna göre üretilen c ekininin n operasyon planıyla uyumu (1: uyumlu, 0:uyumsuz)
opi_n^a	=	$n \in N$ ve $a \in A$, n operasyon planında a işleminin yer alması durumu (1: var, 0:yok)
hrb_n	=	$n \in N$, n operasyon planında ekim/dikim sonrası kullanılan herbisit maliyeti (birim alan başına)
$nhrb_n$	=	$n \in N$, n operasyon planında nadas zamanı kullanılan herbisit maliyeti (birim alan başına)
azl_{au}	=	$a \in A$ ve $u \in U$, a işlemi için hizmet veren u özel çiftçilik seçeneğinin alan üzerinden hesaplanan maliyeti (birim alan başına)
vzl_{au}	=	$a \in A$ ve $u \in U$, a işlemi için hizmet veren u özel çiftçilik seçeneğinin verim üzerinden hesaplanan maliyeti (birim verim miktarı başına)
$vhzl_{au}$	=	$a \in A$ ve $u \in U$, a işlemi için hizmet veren u özel çiftçilik seçeneğinde verim hesaplama katsayısı
$vszl_{au}$	=	$a \in A$ ve $u \in U$, a işlemi için hizmet veren u özel çiftçilik seçeneğinde verim üst sınırını aşan miktarlara uygulanan ek maliyet
vus_{au}	=	$a \in A$ ve $u \in U$, a işlemi için hizmet veren u özel çiftçilik seçeneğinde ek maliyet uygulanacak verim üstsınırı
$tmrbkm_m^l$	=	$m \in M$ ve $l \in L$, m makine/ekipman modelinin l toplam kullanım seviyesindeki tamir/bakım maliyeti
klm_m	=	$m \in M$, m makine/ekipman modelinin geçmiş toplam kullanım miktarı (saat cinsinden)
tkk_m^l	=	$m \in M$ ve $l \in L$, m makine/ekipman modelinin l toplam kullanım seviyesindeki kapasitesi (saat cinsinden)
yst_k^g	=	$k \in K$ ve $g \in G$, yıllık kullanımı farklılık gösteren k makine/ekipman modelinin g yıllık kullanım seviyesindeki kapasitesi (saat cinsinden)
som_k^g	=	$k \in K$ ve $g \in G$, g yıllık kullanım seviyesinde, yıllık kullanımı farklılık gösteren k makine/ekipman modeline sahip olma maliyeti
$isgc_m$	=	$m \in M$, m makine/ekipman modelinin saatlik işgücü maliyeti

ykt_{vd}	=	$v \in V$ ve $d \in D$, v biçerdöver modelini d biçerdöver başlığıyla kullanmanın saatlik yakıt maliyeti
prf_d	=	$d \in D$, d biçerdöver başlığının saatlik işlem performansı (alan cinsinden)
ozl_d	=	$d \in D$, d biçerdöver başlığıyla özel çiftçilik hizmeti vermenin saatlik geliri
opu_d^a	=	$d \in D$ ve $a \in A$, d biçerdöver başlığının a işlemini yapabilme durumu (1: yapılabilir, 0: yapılamaz)
ykt_{te}	=	$t \in T$ ve $e \in E$, t traktör modelini e ekipmanıyla kullanmanın saatlik yakıt maliyeti
prf_e	=	$e \in E$, e ekipmanının saatlik işlem performansı (alan cinsinden)
ozl_e	=	$e \in E$, e ekipmanıyla özel çiftçilik hizmeti vermenin saatlik geliri
ykt_e	=	$e \in E$, e ekipman modelinin yıllık kullanım kapasitesi (saat cinsinden)
som_e	=	$e \in E$, e ekipman modeline sahip olma maliyeti
opu_e^a	=	$e \in E$ ve $a \in A$, e ekipman modelinin a işlemini yapabilme durumu (1: yapılabilir, 0: yapılamaz)
ykt_p	=	$p \in P$, p kendiyürür modelinin saatlik yakıt maliyeti
prf_p	=	$p \in P$, p kendiyürür makinesinin saatlik işlem performansı (alan cinsinden)
ozl_p	=	$p \in P$, p kendi yürür makinesiyle özel çiftçilik hizmeti vermenin saatlik geliri
opu_p^a	=	$p \in P$ ve $a \in A$, p kendiyürür modelinin a işlemini yapabilme durumu (1: yapılabilir, 0: yapılamaz)

uop_{rci}^n parametresinde ifade edilen operasyon planıyla uyumlu olma durumu şöyle açıklanabilir: bir operasyon planında toprak işlemeden hasat kaldırmaya kadar tüm işlemlerden seçili olanlar yer alır. Bu işlemlerden hangilerinin operasyon planında yer aldığı opi_n^a parametresiyle gösterilir. Buna göre, bir veya birden fazla operasyon planı bir nöbetleşe üretim planındaki bir ekinle uyumlu ise bu operasyon planlarından herhangi biriyle bu ekinde aynı verim alınabilir. Bu parametre, hem bir ekinde maksimum verimi almanın tek bir yolu olduğu durumlarda hem de birden fazla yolunun olduğu durumlarda işlevseldir.

Bir diğer önemli husus ise girdi maliyetleriyle ilgili parametrelerdir. Tohum, gübre ve pestisit maliyetleriyle ilgili parametreler sadece ekine ve sulama durumuna göre değer alırken herbisit maliyetiyle ilgili parametrede bu durum farklıdır. Bu parametreler hrb_n (ekim/dikim sonrası) ve $nhrb_n$ (nadas zamanı) olarak ikiye ayrılır ve operasyon planına göre değer alır. Çünkü bu maliyetler, yabancı otan kurtulma yöntemine göre değişiklik gösterir. Eğer seçilen operasyon planında yabancı otan kurtulma işlemi mekanik yollarla (toprak işleme aletleriyle) yapılıyorsa bu durumda herbisit maliyeti modele yansımayacaktır. Bir diğer ifadeyle herbisit kullanıp kullanmama durumu, seçilen operasyon planına bağlıdır.

Özel çiftçilik hizmetleriyle ilgili parametrelerdeki çeşitlilik ise bu hizmetlerin fiyatlandırılmasındaki farklılıklardan kaynaklanır. Bu farklılıklar birim alan başına, ekinden alınan verim miktarına göre ve üst sınırı aşan verim miktarına göre olmak üzere üçe ayrılır. Üst sınırı aşan verim miktarı fiyatlandırmasında bir verim seviyesi bellidir (vus_{au}) ve bu seviyenin aşıldığı her bir birim verim miktarı için ekstra maliyet ($vszl_{au}$) uygulanır. Bahsi geçen verim miktarı birimi hem ekinden ekine hem de $vr m_{rci}^y$ parametresinde kullanılan birimle farklılık gösterebileceği için $vhzl_{au}$ parametresiyle bu birimlerin standartlaştırılması gerekir. Eğer birimler arasında farklılık yoksa $vhzl_{au}$ parametresi 1 değerini alır.

Her bir makine/ekipman modeli için planlama periyodu boyunca katlanılan toplam tamir/bakım maliyeti ($t m r b k m_m^l$) makine/ekipman modelinin toplam kaç saat kullanıldığına göre değişir. Bu yüzden her bir makine/ekipman modeli için toplam kullanım seviyeleri ($t k k_m^l$) belirlenir. Örneğin bu seviyeler 1000'er saatlik aralıklardan oluşabilir. Bir de yıllık kullanım kapasiteleri vardır ve bunlar ekipman modelleri için sabitken ($y s t_e$) traktör, biçerdöver, kendi yürür makineler ve biçerdöver başlıkları için farklı seviyelerde ($y s t_k^g$) olabilir. Örneğin bir traktörün farklı yıllık kullanım seviyelerinde 100 saatlik farklar taşıyan yıllık kapasiteleri olabilir. Bunun nedeni, bu tür makine/ekipman setlerinin farklı yıllık kullanım seviyelerinde farklı sahip olma maliyetlerinin ($s o m_k^g$) olmasıdır. İşgücü maliyeti sadece makine/ekipman türüne bağlıyken yakıt maliyeti hangi ekipmanın hangi motorlu makineyle kullanıldığına göre değişir. Son olarak hangi makine/ekipman modelinin hangi operasyonlarda kullanılabileceğini gösteren parametreler de çok önemlidir. Örneğin bir biçerdöver başlığı modeli sadece soya fasulyesi hasadında kullanılabiliyorsa bu durumda $o p u_d^a$ parametresi sadece $a = "soyafasulyesihasadi"$ için 1 değerini alırken tüm diğer işlemler için 0 değerini alır.

2.2.3. Karar Değişkenleri

Modelde, parametrelerle aynı indisleri ortak kullanan hem tam sayılı (*integer*) hem de ikili (*binary*) değişkenler vardır. İkili değişkenlerden biri olan nöbetleşe üretim planlarını hangi tarlalara atandığını gösteren karar değişkeni aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$(\forall r \in R, \forall f \in F)$$

$$x_r^f = \begin{cases} 1, & r \text{ dönüşümlü üretim planı } f \text{ tarlasında uygulanıyorsa} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Modelde değerlendirilen nöbetleşe üretim planı sayısı ve tarla sayısına göre bu değişkenin sayısı $r \times f$ kadar olacaktır. Hangi nöbetleşe üretim planındaki hangi ürünün hangi tarlada ve yılda sulanmış bir şekilde mi yoksa sulanmamış bir şekilde mi üretildiğine gösteren ikili karar değişkeni şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\forall(r, c, i) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \forall i \in I), \forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)$$

$$y_{r,c,i}^{f,y} = \begin{cases} 1, & r \text{ dönüşümlü üretim planındaki } c \text{ mahsulünün} \\ & i \text{ sulama durumuyla } f \text{ tarlasında, } y \text{ yılında üretilmesi durumu} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Bu karar değişkeni grubunda değişken sayısı $r \times c \times i \times f \times y$ olduğu için bu indislerin herhangi birinin sayısında yapılacak bir azaltma çözüm süresini kısaltma açısından önemlidir. Seçilen üretim planlarındaki ekinlerin hangi operasyon planlarıyla ve hangi tarla ve yılda uygulandığı da model tarafından belirlenmelidir. Bunun için aşağıdaki ikili karar değişkeni tanımlanmıştır:

$$\forall(n \in N), \forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)$$

$$z_n^{f,y} = \begin{cases} 1, & n \text{ operasyon planı } f \text{ tarlasında, } y \text{ yılında uygulanıyorsa} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Modelin öne çıkan özelliği olan özel çiftçilik hizmetlerinden faydalanma seçeneği de bir karar değişkeni olarak tanımlanması gerekir. Ancak bir işlem bir operasyon planında birden fazla sayıda yer alabileceği için bu değişkenin tamsayı olarak belirlenmesi gerekir. Bu sayede bu işlemlerden kaç tanesinin çiftçi tarafından kaç tanesinin de özel çiftçilik hizmetiyle yaptırılacağı belirlenebilir. Bunun için oluşturulan tamsayı karar değişkeni aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\forall(a, z) \in (\forall a \in A, \forall z \in Z), \forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)$$

$$w_{a,z}^{f,y} = \begin{cases} a \text{ işlemi } f \text{ tarlasında ve } y \text{ yılında } z \text{ seçeneğiyle kaç kere yapıyorsa} \\ \text{bu karar değişkeni o sayıda tamsayı değeri alır.} \end{cases}$$

Özel çiftçilik hizmetiyle ilgili verilecek diğer karar ise bu hizmetin hangi sağlayıcıdan hangi yılda ve hangi tarla için satın alınacağı karardır. Bir yılda ve tarlada aynı özel çiftçilik hizmetinden birden fazla kez faydalanılabileceği için bu değişken de tamsayı olarak tanımlanmıştır ve aşağıdaki şekildedir:

$$\forall(a, u) \in (\forall a \in A, \forall u \in U), \forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)$$

$$t_{a,u}^{f,y} = \begin{cases} a \text{ işlemi } f \text{ tarlasında ve } y \text{ yılında } u \text{ sağlayıcıyla kaç kere yapılıyorsa} \\ \text{bu karar değişkeni o sayıda tamsayı değeri alır.} \end{cases}$$

Eğer bir işlem özel çiftçilik hizmetiyle yapılmayacaksa, bu işlem için gerekli makine/ekipman gruplarından, işlemin yapıldığı yıla ve tarlaya yapılacak işlemin sayısı kadar atanma yapılmış olması gerekir. Bunun için gerekli olan tamsayılı karar değişkeni kendi yürür makineler, biçerdöver/biçerdöver başlığı ikilileri ve traktör/ekipman ikilileri için 3 grupta oluşturulmuş ve sırasıyla aşağıdaki gibidir:

$$(\forall p \in P), \forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)$$

$$a_p^{f,y} = \begin{cases} p \text{ kendiyürür makine } f \text{ tarlasına } y \text{ yılında kaç kere atandıysa} \\ \text{bu karar değişkeni o sayıda tamsayı değeri alır.} \end{cases}$$

$$\forall(v, d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D), \forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)$$

$$a_{v,d}^{f,y} = \begin{cases} v, d \text{ biçerdöver/başlık ikilisi } f \text{ tarlasına } y \text{ yılında kaç kere atandıysa} \\ \text{bu karar değişkeni o sayıda tamsayı değeri alır.} \end{cases}$$

$$\forall(t, e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E), \forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)$$

$$a_{t,e}^{f,y} = \begin{cases} t, e \text{ traktör/ekipman ikilisi } f \text{ tarlasına } y \text{ yılında kaç kere atandıysa} \\ \text{bu karar değişkeni o sayıda tamsayı değeri alır.} \end{cases}$$

Ancak bu değişkenlerin sayısı ile ilgili sadece biçerdöver/başlık ikilileri ve traktör/ekipman ikilileri için geçerli olan bir özel durum vardır. Çünkü her biçerdöver başlığı bütün biçerdöverlerle uyumlu olmadığı gibi her ekipmanın beygir gücü ihtiyacı da aynı değildir. Bu yüzden v, d ve t, e kompozit indisleri oluşturulurken uyumlu olmayan kombinasyonların silinmesi gerekir. Uyumlu olmayan biçerdöver/başlık ve traktör/ekipman ikililerinin modelde yer alması, çözümü uygulanamaz (*infeasible*) yapar. Aynı şekilde bu uyumlu biçerdöver/başlık ve traktör/ekipman ikilileri, çiftliğin kendi işlemleri dışında da özel çiftçilik hizmeti vermek için atanabilir. Özel çiftçilik hizmetlerine hangi yılda kaç saatlik atandığını gösteren tamsayılı karar değişkenleri ise sırasıyla aşağıdaki şekildedir:

$$\forall(v, d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D), \forall y \in Y$$

$$l_{v,d}^y = \begin{cases} v, d \text{ biçerdöver/başlık ikilisi } y \text{ yılında özel çiftçilik hizmeti için} \\ \text{kaç saat atandıysa bu karar değişkeni o sayıda tamsayı değeri alır.} \end{cases}$$

$$\forall(t, e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E), \forall y \in Y$$

$$l_{t,e}^y = \begin{cases} t, e \text{ traktör/ekipman ikilisi } y \text{ yılında özel çiftçilik hizmeti için} \\ \text{kaç saat atandıysa bu karar değişkeni o sayıda tamsayı değeri alır} \end{cases}$$

Makine/ekipman gruplarının tarlalardaki işlemlere ve özel çiftçilik hizmetlerine atanabilmesi için çiftliğin bunlara sahip olması gerekir. Çiftlik sahibi, aynı makine/ekipman modelinden birden fazla satın alabileceği için bu şartı sağlamak için gerekli olan karar değişkenleri tamsayılı olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu değişkenlerin K kümesindeki makine/ekipman grupları için ayrı ve E kümesindeki ekipman modelleri için ayrı belirlenmesi gerekir. Çünkü K kümesindeki makine/ekipman gruplarına sahip olma maliyeti yıllık kullanım seviyesine göre farklılık gösterirken E kümesindeki ekipman modellerinde böyle bir durum yoktur. Bu bilgilere göre oluşturulan tam sayılı karar değişkenleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$(\forall k \in K, \forall g \in G)$$

$$b_k^g = \begin{cases} K \text{ kümesindeki makine ve ekipmanlardan, } g \text{ yıllık kullanım} \\ \text{seviyesinde kullanılmak üzere kaç adet satın alındığını gösterir} \end{cases}$$

$$(\forall e \in E)$$

$$b_e = \begin{cases} E \text{ kümesindeki ekipmanlardan kaç adet satın alındığını gösterir} \end{cases}$$

Sahip olunan her makine/ekipman modeli için bir toplam kullanım seviyesinin belirlenmesi, tamir/bakım maliyetlerinin hesaplanması için gereklidir. Bunun için geliştirilen karar değişkeni, bir makine/ekipman modeline bir adetten fazla sahip olunabileceği için tamsayılı olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$(\forall m \in M, \forall l \in L)$$

$$c_m^l = \begin{cases} m \text{ makine/ekipman modelinin, } l \text{ toplam kullanım seviyesine,} \\ \text{kaç defa atandığını gösterir} \end{cases}$$

Son olarak her makine/ekipman modelinin yıllık kullanım kapasitesini aşmaması için her yıl kaç saat kullanıldığını gösteren bir tamsayılı değişkene ihtiyaç vardır. Bir makine/ekipman modeli hem ekin üretme amacıyla hem de başka çiftliklere özel çiftçilik hizmeti vermek için kullanılabileceği için bu değişken iki grupta belirlenmiş ve sırasıyla aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$(\forall m \in M, \forall y \in Y)$$

$$h_m^y = \begin{cases} m \text{ makine/ekipman modelinin } y \text{ yılında,} \\ \text{\textit{çiftlik içinde ekin üretimi için kaç saat kullanıldığını gösterir}} \end{cases}$$

$$(\forall m \in M, \forall y \in Y)$$

$$s_m^y = \begin{cases} m \text{ makine/ekipman modelinin } y \text{ yılında,} \\ \text{\textit{özel çiftçilik hizmeti vermek için kaç saat kullanıldığını gösterir}} \end{cases}$$

2.2.4. Model

Modelin matematiksel gösterimi, amaç fonksiyonu ve kısıtlar için ayrı alt başlıklar açılarak yapılmıştır.

2.2.4.1. Amaç Fonksiyonu

Modelin amacı, üretilen ekinlerin sağladığı toplam kâr katkısını maksimize etmektir. Amaç fonksiyonunda sadece üretilen ekinlerle ilgili verilen kararlarla ilişkili olan gelir ve gider kalemleri yer almaktadır. Diğer gelir/gider kalemleri (devlet teşvikleri, vergi ve sigorta giderleri gibi) yer almadığı için amaç fonksiyonu, net kârı değil ekinlerin kâr katkısını temsil etmektedir. Eğer Z toplam kâr katkısını temsil ediyorsa amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde olur:

$$Max. Z =$$

$$\begin{aligned} (1) \quad & \sum_{c \in C} \sum_{(r,c,i) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \forall i \in I)} \sum_{y \in Y} \sum_{f \in F} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} f y t_c v r m_{r,c,i}^y a l a n_f y_{r,c,i}^{f,y} + \\ (2) \quad & f y t * \sum_{(r,c,i) \in (\forall r \in R, c = \text{pamuk}, \forall i \in I)} \sum_{y \in Y} \sum_{f \in F} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} v r m_{r,c,i}^y a l a n_f y_{r,c,i}^{f,y} \\ (3) \quad & + \sum_{p \in P} \sum_{y \in Y} o z l_p s_p^y + \sum_{d \in D} \sum_{y \in Y} o z l_d s_d^y + \sum_{e \in E} \sum_{y \in Y} o z l_e s_e^y \\ (4) \quad & - \sum_{f \in F} \sum_{(a,u) \in (\forall a \in A, \forall u \in U)} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} v z l_{a,u}^f a l a n_f t_{a,u}^{f,y} - \\ (5) \quad & \sum_{(r,c,i) \in (\forall r \in R, c \in C, \forall i \in I)} \sum_{y \in Y} \sum_{f \in F} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} ((v r m_{r,c,i}^y v h z l_{a,u}^c) - v u s_{a,u}) v z l_{a,u}^f t_{a,u}^{f,y} \\ (6) \quad & - \sum_{k \in K} \sum_{g \in G} s o m_k^g b_k^g - \sum_{e \in E} s o m_e b_e \\ (7) \quad & - \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} t m r b k m_m^l c_m^l - \\ (8) \quad & \sum_{m \in M} \sum_{y \in Y} i s g c_m h_m^y - \sum_{m \in M} \sum_{y \in Y} i s g c_m s_m^y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(9) & \sum_{(v,d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} \sum_{d \in D} \sum_{f \in F} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} ykt_{v,d} \frac{alan_f a_{v,d}^{f,y}}{prf_d} - \\
(10) & \sum_{(t,e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} \sum_{e \in E} \sum_{f \in F} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} ykt_{t,e} \frac{alan_f a_{t,e}^{f,y}}{prf_e} - \\
(11) & \sum_{p \in P} \sum_{f \in F} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} ykt_p \frac{alan_f a_p^{f,y}}{prf_p} - \\
(12) & \sum_{(v,d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} \sum_{y \in Y} ykt_{v,d} l_{v,d}^y - \sum_{(t,e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} \sum_{y \in Y} ykt_{t,e} l_{t,e}^y - \sum_{p \in P} \sum_{y \in Y} ykt_p s_p^y - \\
(13) & \sum_{f \in F} \sum_{n \in N} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} hrb_n alan_f z_n^{f,y} - \sum_{f \in F} \sum_{n \in N} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} nhrb_n alan_f z_n^{f,y} \\
(14) & - \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{f \in F} \sum_{(r,c,i) \in (\forall r \in R, c \in C, \forall i \in I)} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} gbr_c^i alan_f y_{r,c,i}^{f,y} \\
(15) & - \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{f \in F} \sum_{(r,c,i) \in (\forall r \in R, c \in C, \forall i \in I)} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} thm_c^i alan_f y_{r,c,i}^{f,y} \\
(16) & - \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{f \in F} \sum_{(r,c,i) \in (\forall r \in R, c \in C, \forall i \in I)} \sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} pst_c^i alan_f y_{r,c,i}^{f,y}
\end{aligned}$$

Kâr katkısını oluşturan bileşenlerin ilk kısmı (1) üretilen ekinlerden alınan verimi satış fiyatıyla çarparak ekinlerden elde edilen geliri maksimize etmektedir. İkinci kısımda (2) ise sadece pamuk özelinde hesaplanan bir gelir olan ‘pamuk tiftiği geliri’ bulunmaktadır. Çünkü pamuktan elde edilen başlıca gelir kaynağı pamuk tiftiği olduğu için bu gelirin ayrıca eklenmesi gerekir. Bu hesaplama metodu pamukla benzer özellik taşıyan başka bir ekin için de kullanılabilir. Modelin uygulandığı bölgede böyle bir ekin değerlendirmeye alınmıyorsa (2) bileşeni amaç fonksiyonundan çıkartılabilir. Üçüncü kısımdaki (3) bileşenler, özel çiftçilik hizmeti vermekten elde edilen gelirleri maksimize etmektedir. (4) bileşeni birim alan başına hesaplanan özel çiftçilik maliyetlerini minimize ederken (5) bileşeni verim üst sınırını aşan miktarlara uygulanan ek özel çiftçilik maliyetlerini minimize eder. Altıncı kısımdaki (6) bileşen tüm makine/ekipman modellerinin sahip olma maliyetlerini, yedinci kısımdaki (7) bileşen ise tamir/bakım maliyetlerini minimize eder. (8) bileşeninde hem çiftlik içerisindeki operasyonlarda faydalanan işgücü hem de özel çiftçilik hizmeti verirken faydalanan işgücünün maliyetini minimize eder. Sonraki kısımda (9) bileşeni biçerdöver/biçerdöver başlığı ikilisinin, (10) bileşeni de traktör/ekipman ikilisinin atandığı yıllarda ve tarlalarda tükettiği yakıtın maliyetini minimize ederken (11) bileşeni de kendiyürür makinelerin yakıt maliyetini minimize eder. Bu hesaplamada, atanan tarlanın alan büyüklüğünün makine/ekipman saatlik

performansına bölünmesiyle kaç saat işlem yaptığı bulunur ve saatlik yakıt maliyetiyle çarpılır. Sonraki kısımda (12) ise saatlik yakıt maliyetleri, makine/ekipman gruplarının özel çiftçilik hizmetlerinde kaç saat kullanıldığıyla çarpılarak bu işlemlerde tüketilen yakıtın maliyeti minimize edilir. Maliyetlerin son parçası olan girdi maliyetleri ise (13)'de herbisit, (14)'de gübre, (15)'de tohum ve (16)'da pestisit maliyetleri olmak üzere minimize edilir.

2.2.4.2. Kısıtlar

Model coğrafi şartlardan bağımsız çalışacak şekilde geliştirildiği için modelin kısıtları, çiftlik planlama probleminin genel doğasına uygundur. Dolayısıyla bu başlıkta verilen kısıtların hepsi, herhangi bir coğrafi bölgede planlama yapılırken kullanılabilir. Özel işlemlerli çiftlik planlama modelinin kısıtları aşağıda açıklamalarıyla birlikte verilmiştir:

Her tarlada en fazla bir nöbetleşe üretim planı uygulanabilir:

$$\forall f \in F$$

$$\sum_{r \in R} x_r^f \leq 1 \quad (1)$$

Bir nöbetleşe üretim planının en fazla kaç tarlada uygulanacağını karar vericinin aldığı risk belirler. Bu risk, sayısal olarak 1 değerini aldığı anda en düşük riski temsil eder ve en az 1, en fazla da tarla sayısı kadar değer alabilir. Tarla sayısından fazla değer alırsa bu kısıt bağlayıcı olmayan (*non-binding*) bir kısıt olur. Buna göre kısıt (2), bir nöbetleşe üretim planının en fazla *rsk* kadar tarlada uygulanmasını sağlar.

$$\forall r \in R$$

$$\sum_{f \in F} x_r^f \leq rsk \quad (2)$$

Bir nöbetleşe üretim planındaki bir ekin, bir yılda ve tarlada ya *sulanmış* bir şekilde ya da *sulanmamış* bir şekilde üretilebilir. Bu ikisinin birden seçilmesine engelleyen kısıt (3) aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\forall r \in R, \quad \forall f \in F, \quad (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), \quad (r, c, \text{sulanmış}) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \text{sulanmış} \in I), (r, c, \text{sulanmamış}) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \text{sulanmamış} \in I)$$

$$y_{r,c,\text{sulanmış}}^{f,y} + y_{r,c,\text{sulanmamış}}^{f,y} \leq x_r^f \quad (3)$$

Planlama ufku boyunca, bir nöbetleşe üretim planının hangi yılında hangi ekinden üretilmesi gerekiyorsa, bu plana sadık kalınması gerekir. Aynı şekilde, tarlanın nadasa bırakılması gereken yıllarda da üretim yapılmaması gerekir. Yoksa ekin nöbeti (*crop rotation*) sağlanamaz. Bu durumlar, nöbetleşe üretim planının varlık amacını ortadan kaldırır. Kısıt (4) ve kısıt (5), bu durumların gerçekleşmemesini sağlar. Kısıt (4)'ün sağ tarafı, x_r^f değişkeninin 1 değerini aldığı durumda 0'dan büyük ya da 1'den küçük veya eşit olur.

$$\forall r \in R, \forall f \in F, \forall y \in Y, (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (r, c, \text{sulanmış}) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \text{sulanmış} \in I), (r, c, \text{sulanmamış}) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \text{sulanmamış} \in I)$$

$$y_{r,c,\text{sulanmış}}^{f,y} + y_{r,c,\text{sulanmamış}}^{f,y} \geq x_r^f \frac{vrm_{r,c,\text{sulanmış}}^y}{xvrm} \quad (4)$$

$$\forall y \in Y, (r, c, i) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \forall i \in I)$$

$$\sum_{(f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} y_{r,c,i}^{f,y} \leq vrm_{r,c,i}^y \quad (5)$$

Eğer çiftliğin başlıca ürettiği bir ekin varsa, seçilen nöbetleşe üretim planlarının en az bir yılında bu ekinin üretilmesi gerekir. Kısıt (6) bu şartı sağlar. Eğer öncelikli ekin sınırlaması yoksa bu kısıt iptal edilebilir.

$$\forall f \in F, c = mhs_l$$

$$\sum_{(r,c,i) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \forall i \in I), (f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} y_{r,c,i}^{f,y} \geq 1 \quad (6)$$

Seçilen her bir üretim planındaki ekinler ile seçilen operasyon planları uyumlu olmalıdır. Bu uyumluluk sağlanmazsa modelin sonuçları uygulanamaz (*infeasible*) olur. Bu şartı kısıt (7) sağlar.

$$\forall (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), \forall (r, c, i) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \forall i \in I)$$

$$\sum_{n \in N} uop_{r,c,i}^n z_n^{f,y} \geq y_{r,c,i}^{f,y} \quad (7)$$

Her bir yıl ve tarla için uygulanacak operasyon planı sayısı o yıl ve tarlada üretilecek ekin sayısını geçmemelidir. Diğer bir ifadeyle, her ekinin üretimi için sadece bir operasyon planı uygulanmalıdır. Kısıt (8) bu koşulu yerine getirir.

$$\forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y),$$

$$\sum_{n \in N} z_n^{f,y} \leq \sum_{(r,c,i) \in (\forall r \in R, \forall c \in C, \forall i \in I)} y_{r,c,i}^{f,y} \quad (8)$$

Seçilen operasyon planlarında yer alan her bir işlemin nasıl yapılacağına karar verilmelidir. Bu işlemler sadece çiftçinin kendisi tarafından veya özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yapılabileceği için bu iki seçenekten birisinin seçilmesi gerekir. Planlama ufku boyunca uygulanan her bir işlem için kısıt (9) bu şartı sağlamaktadır.

$$\forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), \forall a \in A$$

$$\sum_{(a,z) \in (\forall a \in A, \forall z \in Z)} w_{a,z}^{f,y} = \sum_{n \in N} opi_n^a z_n^{f,y} \quad (9)$$

Özel çiftçilik hizmetiyle yaptırılacak her bir işlem için özel çiftçilik hizmeti seçeneklerinden bir tanesinin seçilmesi gerekir. Kısıt (10) bu gerekliliği sağlar.

$$\forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), \forall(a, z) \in (\forall a \in A, \forall z \in Z), z = \text{özelyaptır}$$

$$w_{a,z}^{f,y} \leq \sum_{(a,u) \in (\forall a \in A, \forall u \in U)} t_{a,u}^{f,y} \quad (10)$$

Çiftçinin kendisi tarafından yapılacak olan her bir işlemle uyumlu en az bir makine/ekipman ikilisinin veya kendi yürür makinenin, ilgili yıla ve tarlaya atanması gerekir. Bu atamayı sağlayan kısıt (11) aşağıdaki gibidir:

$$\forall(f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), \forall a \in A, z = \text{kendinyap}$$

$$\sum_{d \in D, (v,d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} opu_d^a a_{v,d}^{f,y} + \sum_{e \in E, (t,e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} opu_e^a a_{t,e}^{f,y} + \sum_{p \in P} opu_p^a a_p^{f,y} \geq w_{a,z}^{f,y} \quad (11)$$

Çiftçinin kendisi tarafından toplamda kaç işlem yapılacaksa o kadar makine/ekipman ikilisinin veya kendi yürür makinenin, ilgili yıla ve tarlaya atanması gerekir. Bu eşitliği sağlayan kısıt (12), gereğinden fazla atama yapılmasını engeller.

$\forall (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), z = \text{kendinyap}$

$$\sum_{d \in D, (v, d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} a_{v, d}^{f, y} + \sum_{e \in E, (t, e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} a_{t, e}^{f, y} + \sum_{p \in P} a_p^{f, y} = \sum_{a \in A} w_{a, z}^{f, y} \quad (12)$$

Bir makine/ekipman modelinin, bir yılda toplam kaç saat kullanılması gerektiğinin, atandığı yıl ve tarlada ne kadar süre harcadığı hesaplanarak belirlenmesi gerekir. Buna göre, bir makine/ekipman modelinin yıllık kullanımı, ilgili yılda bütün tarlalarda geçirdiği toplam süreden büyük olan en küçük tamsayıdır. Yıllık kullanım, biçerdöver için kısıt (13), biçerdöver başlığı için kısıt (14), traktör için kısıt (15), ekipmanlar için kısıt (16) ve kendi yürür makineler için kısıt (17) ile belirlenir.

$\forall y \in Y, \forall v \in V$

$$h_v^y \geq \sum_{d \in D, f \in F, (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (v, d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} \frac{\text{alan}_f a_{v, d}^{f, y}}{\text{pr} f_d} \quad (13)$$

$\forall y \in Y, \forall d \in D$

$$h_d^y \geq \sum_{f \in F, (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (v, d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} \frac{\text{alan}_f a_{v, d}^{f, y}}{\text{pr} f_d} \quad (14)$$

$\forall y \in Y, \forall t \in T$

$$h_t^y \geq \sum_{e \in E, f \in F, (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (t, e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} \frac{\text{alan}_f a_{t, e}^{f, y}}{\text{pr} f_e} \quad (15)$$

$\forall y \in Y, \forall e \in E$

$$h_e^y \geq \sum_{f \in F, (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (t, e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} \frac{\text{alan}_f a_{t, e}^{f, y}}{\text{pr} f_e} \quad (16)$$

$\forall y \in Y, \forall p \in P$

$$h_p^y \geq \sum_{f \in F, (f, y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} \frac{\text{alan}_f a_p^{f, y}}{\text{pr} f_p} \quad (17)$$

Ayrıca yıllık kullanımın, gerçekte harcanan süreden büyük olan en küçük tamsayıdan daha büyük olmamalıdır. Bu kuralı sırasıyla biçerdöver, biçerdöver başlığı, traktör, ekipman ve kendi yürür makine için sağlayan (18), (19), (20), (21) ve (22) kısıtları,

bütün makine/ekipman modelleri için, yıllık kullanımı gösteren değişkenlerin, gereğinden fazla değer almasını engeller.

$$\forall y \in Y, \forall v \in V$$

$$h_v^y \leq 1 + \sum_{d \in D, f \in F, \forall (f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (v,d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} \frac{alan_f a_{v,d}^{f,y}}{pr f_d} \quad (18)$$

$$\forall y \in Y, \forall d \in D$$

$$h_d^y \leq 1 + \sum_{f \in F, \forall (f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (v,d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} \frac{alan_f a_{v,d}^{f,y}}{pr f_d} \quad (19)$$

$$\forall y \in Y, \forall t \in T$$

$$h_t^y \leq 1 + \sum_{e \in E, f \in F, \forall (f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (t,e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} \frac{alan_f a_{t,e}^{f,y}}{pr f_e} \quad (20)$$

$$\forall y \in Y, \forall e \in E$$

$$h_e^y \leq 1 + \sum_{f \in F, \forall (f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y), (t,e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} \frac{alan_f a_{t,e}^{f,y}}{pr f_e} \quad (21)$$

$$\forall y \in Y, \forall p \in P$$

$$h_p^y \leq 1 + \sum_{f \in F, \forall (f,y) \in (\forall f \in F, \forall y \in Y)} \frac{alan_f a_p^{f,y}}{pr f_p} \quad (22)$$

Bir makine/ekipman modelinin, özel çiftçilik hizmetleri için yıllık ne kadar kullanıldığının hesaplanması gerekir. Bunun için, özel çiftçilik hizmetindeki yıllık kullanım değeri, makine/ekipman modelinin özel çiftçilik hizmetine atandığı yılda harcadığı süreye eşit olur. Bu kural sırasıyla biçerdöver , biçerdöver başlığı, traktör ve ekipman için kısıt (23), (24), (25) ve (26) ile sağlanır.

$$\forall y \in Y, \forall v \in V$$

$$s_v^y = \sum_{(v,d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} l_{v,d}^y \quad (23)$$

$$\forall y \in Y, \forall d \in D$$

$$s_d^y = \sum_{(v,d) \in (\forall v \in V, \forall d \in D)} l_{v,d}^y \quad (24)$$

$$\forall y \in Y, \forall t \in T$$

$$s_t^y = \sum_{(t,e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} l_{t,e}^y \quad (25)$$

$$\forall y \in Y, \forall e \in E$$

$$s_e^y = \sum_{(t,e) \in (\forall t \in T, \forall e \in E)} l_{t,e}^y \quad (26)$$

Bir makine/ekipman modeli, bir yılda toplam kaç saat kullanılması gerekiyorsa o kadar saat yıllık kapasiteye sahip olması gerekir. Eğer bir makine/ekipman modelinin yıllık kapasitesi bu ihtiyacı karşılayamazsa o modele birden fazla sayıda sahip olunması gerekir. Bu durum ekipmanlar için kısıt (27) ile, traktör, biçerdöver, biçerdöver başlığı ve kendi yürür makineler için kısıt (28) ile karşılanır.

$$\forall y \in Y, \forall e \in E$$

$$yst_e b_e \geq h_e^y + s_e^y \quad (27)$$

$$\forall y \in Y, \forall k \in K$$

$$\sum_{g \in G} yst_k^g b_k^g \geq h_k^y + s_k^y \quad (28)$$

Bir makine/ekipman modeli, planlama ufku sonunda toplam kaç saat kullanılmış olacaksa o kadar saatlik bir toplam kullanım seviyesinin seçilmesi gerekir. Bu koşulu ekipmanlar için kısıt (29), traktör, biçerdöver, biçerdöver başlığı ve kendiyürür makineler için kısıt (30) sağlar.

$$\forall e \in E$$

$$\sum_{l \in L} t k k_e^l b_e \geq \sum_{y \in Y} h_e^y + \sum_{y \in Y} s_e^y + k l m_e b_e \quad (29)$$

$$\forall k \in K$$

$$\sum_{l \in L, g \in G} t k k_k^l b_k^g \geq \sum_{y \in Y} h_e^y + \sum_{y \in Y} s_e^y + \sum_{g \in G} k l m_k b_k^g \quad (30)$$

Sahip olunan her makine/ekipman modeli için bir toplam kullanım seviyesinin seçilmiş olması gerekir. Bu şartı ekipmanlar için kısıt (31), traktör, biçerdöver, biçerdöver başlığı ve kendiyürür makineler için kısıt (32) sağlar.

$$\forall e \in E$$

$$b_e = \sum_{l \in L} c_e^l \quad (31)$$

$$\forall k \in K$$

$$\sum_{g \in G} b_k^g = \sum_{l \in L} c_k^l \quad (32)$$

Bir çiftçinin, özel çiftçilik hizmetini vermeyi ikincil bir iş olarak yaptığı varsayıldığından, sahip olduğu makine/ekipman gruplarıyla, özel çiftçilik hizmeti için ayırdığı zamanın kendi çiftliğinde kullandığı zamanı geçmemesi gerekir. Diğer bir ifadeyle, başka çiftliklerde çalıştığı süre kendi çiftliğinde çalıştığı süreyi geçmemelidir. Kısıt (33) bu varsayımı yerine getirirken, herhangi bir makine/ekipman grubunun sadece özel çiftçilik hizmeti vermek için satın alınmasına da engel olur.

$$\forall m \in M$$

$$\sum_{y \in Y} s_m^y \leq \sum_{y \in Y} h_m^y \quad (33)$$

Ayrıca özel çiftçilik hizmeti için ayrılan süre yıllık bazda da sınırlandırılmıştır. Kısıt (33)'teki yaklaşıma benzer bir yaklaşımla, bir makinenin yıllık özel çiftçilik süresinin, çiftlik içerisinde kullanılabileceği toplam sürenin yarısını geçmemelidir. Bu şartı sağlayan kısıt (34)'ün sağ tarafı, ilgili makinenin yapabildiği toplam işlem türü sayısı ile çarpılmıştır. Bu sayede bir makine bir işlemi yapabildiği hâlde, çiftlik içinde o işlem için kullanılsa da çiftlik dışında kullanılabilmektedir. Yıllık özel çiftçilik hizmetlerine olan talebe ilişkin veri mevcutsa, kısıt (34)'ün sağ tarafında talep verisi kullanılmalıdır.

Örneğin birinci yılda bir gübre serpicinin özel çiftçilik hizmetlerinde kullanılmak üzere beklenen talebi 50 saat ise, kısıt (34)'ün sağ tarafında 50 değeri yer alır.

$$\forall m \in M, \forall y \in Y,$$

$$s_m^y \leq \sum_{f \in F, a \in A} \frac{alan_f opu_m^a}{2 prf_m} \quad (34)$$



3. BÖLÜM

MODELİN TEST EDİLMESİ

Modelin geçerliliğinin test edilmesinde üç faktör çok önemli rol oynamaktadır. Bunlardan birincisi veridir. Modelin kullandığı parametreler için ne kadar zengin veri bulunursa analiz sonuçları o kadar anlamlı olacaktır. İkinci faktör ise analizin farklı senaryolarda yapılmasıdır. Bu sayede modelin farklı durumlarda, farklı ihtiyaçlara, ne kadar ve nasıl cevaplar verebildiği görülecektir. Üçüncü faktör ise analiz sonuçlarının raporlanması ve yorumlanmasıdır. Bu aşamada modelin verdiği sonuçların ne kadar uygulanabilir olduğu görülecek ve olası politikalar önermek mümkün olacaktır. Bu üç faktör, alt başlıklarda detaylıca anlatılmıştır.

3.1. VERİ

Modelin uygulanabilmesi için ekinlerle, özel çiftçilik hizmetleriyle, operasyon planlarıyla ve makinelerle ilgili verilere ihtiyaç vardır. Bu veriler ne kadar çeşitli ve eksiksiz olursa o kadar çok senaryo analizi yapmak mümkündür. Dolayısıyla da modelin ne kadar esnek olduğu da görülebilir. Modelin test edildiği coğrafi bölge, bu özellikleri taşıyan verilerin mevcut olup olmadığına bakılarak karar verilmiştir.

Modelin en öne çıkan özelliklerinden olan özel çiftçilik hizmetleri, coğrafi bölge seçiminde çok belirleyici olmuştur. Hangi özel çiftçilik hizmetlerinin ne ücretlerde verildiğine dair veriler araştırıldığında, bu verilerin en çok Amerika Birleşik Devletleri'nin eyaletlerinde (Iowa, Kansas, Ohio, Nebraska, Colorado, Mississippi, vd.) toplandığı görülmüştür. Bu eyaletlerden hangisinin en iyi seçenek olduğu ise modelin diğer en önemli özelliklerinden birisi olan nöbetleşe üretim planlarının çeşitliliğine bakılarak belirlenmiştir. Bir bölgede, nöbetleşe üretim planlarının çok sayıda olabilmesi için o bölgede üretilen ekinlerin çeşitli olması gerekir. Bu çeşitliliğin en fazla olduğu bölgenin Kansas eyaleti olduğu görülmüştür. Kansas Devlet Üniversitesi (*KSU – Kansas State University*)'nin sunduğu raporlarda görülmektedir ki bu bölge, buğday ve sorgum tahılı üretiminde ABD'de ilk sıradadır ve ayçiçeği, kanola, mısır, soya fasulyesi, kaba yonca ve pamuk gibi ürünler de üretilmektedir (Kansas State University, 2019, Crop Production). Özel çiftçilik ile ilgili verilere bakıldığında ise KSU, her iki yılda bir anket yoluyla veri toplamaktadır. En güncel veriler ise 14 Haziran 2024 tarihinde yayınlanmış

ve bu çalışmada kullanılmıştır (AgManager.info, 2024, Custom Rates Survey). Ancak bu verilerde kanola ile ilgili yeterli bilgi bulunmadığı için kanola ekini bu çalışmada değerlendirilmemiştir.

Makine/ekipman grubuyla ilgili veriler, 18 Kasım 2024 tarihinde güncellenen ve D497.7 ve EP496.3 ASABE (*American Society of Agricultural and Biological Engineers*) standartlarıyla uyumlu olan Mississippi State Budget Generator (MSBG) programından elde edilmiştir (Laughlin ve Spurlock, 2007). Modelde yer alan parametrelerden olan yakıt, işgücü ve sahip olma maliyeti hesaplamasında gerekli olan faiz oranı verileri de bu programdan alınmıştır. MSBG’de yer alan her makine/ekipman türü için tek bir yıllık kullanım seviyesi ve toplam kullanım seviyesi belirlenmiş ve hurda değeri ile buna bağlı olan sahip olma maliyetleri ve tamir/bakım maliyetleri buna göre hesaplanmıştır. Ancak Edwards (2015)’ın ASABE’den elde ettiği verilere göre traktör, biçerdöver, biçerdöver başlığı ve kendi yürür makineler için üç farklı yıllık kullanım seviyesi belirlenmiş, tüm tarım makineleri için ise tamir/bakım maliyetleri on farklı toplam kullanım seviyesi üzerinden kalan değer faktörü (*remaining value factor*) ve sermaye geri kazanım faktörü (*capital recovery factor*) kullanılarak hesaplanmaktadır. İlgili hesaplamalar (34)’de hurda değeri, (35)’de sahip olma maliyeti (sermaye geri kazanımı), (36)’da ise tamir/bakım maliyetleri olarak verilmiştir. Denklem (36)’da yer alan Q_0 makinenin liste fiyatını, $RF1$ sabit tamir faktörünü, $RF2$ üstel tamir faktörünü ve U_{ac} saat cinsinden toplam kullanımı ifade etmektedir. Her bir makine türünün tamir faktör değerleri birbirinden farklıdır ve ASABE’den elde edilen verilerde mevcuttur.

$$hurda\ değeri = güncel\ liste\ fiyatı \times kalan\ değer\ faktörü \quad (34)$$

$$\begin{aligned} sermaye\ geri\ kazanımı &= ((satın\ alım\ fiyatı - hurda\ değeri) \\ &\times sermaye\ geri\ kazanım\ faktörü) \\ &+ (hurda\ değeri \times faiz\ oranı) \end{aligned} \quad (35)$$

$$toplam\ tamir\ bakım\ maliyeti = Q_0 \times RF1 \times U_{ac}^{RF2} \quad (36)$$

Makine/ekipman verisi içerisinde kaba yonca ürünün hasadı için gerekli olan makine verisi yetersiz olduğu için kaba yonca ekini değerlendirmeye alınmamıştır. Dolayısıyla analizde değerlendirilen ekinler; buğday, sorgum, mısır, ayçiçeği, soya fasulyesi ve pamuktan oluşmaktadır.

Değerlendirilen ekinlerin verimiyle ilgili kullanılacak verinin seçimi analizde önemli rol oynamaktadır. Çünkü modelin yapısı verimin; ekine, nöbetleşe üretim planına, sulama seçeneğine ve operasyon planına göre değer almasını gerektirmektedir. Birden çok faktöre bağlı olan verim parametresi için sadece geçmiş veriler üzerinden bir ortalama değer belirlemek doğru olmayacaktır. Bu veri için, birden çok faktörü değerlendirerek verim tahminlemesi yapan Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) simülasyon modeli kullanılmıştır (Jones vd. 2003). DSSAT, toprak özellikleri ve geçmiş hava durumu verilerini kullanarak, hangi ekinlerin nöbetleşe olarak üretildiğine, hangi operasyonlarla üretildiğine ve sulama kararına göre farklı verim tahminleri yapabilmektedir. Ekinlerin, hangi nöbetle ve operasyonlarla üretildiğine dair veriler, KSU'nun her ekin için hazırladığı üretim kılavuzlarından elde edilmiştir (Kansas State University, 2019, Crop Production). Bu kılavuzlarda görülmüştür ki bir ekin, başka ekinlerle nöbetleşe üretildiğinde pestisit kullanımı tamamen ortadan kalkmakta ya da en aza inmektedir. Modelin de en ön plana çıkan özelliklerinden olan nöbetleşe üretim planına uygunluğunun test edilmesi gerektiği için, uygulamada sadece nöbetleşe üretim planları değerlendirilmiştir. Peş peşe aynı ekinin üretildiği planlar uygulamada yer almadığı için model, pestisit maliyetlerinin olmadığı varsayımıyla test edilmiştir. Tüm rotasyon seçenekleri Tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 5. Nöbetleşe Üretim Planları

Rotasyon No	Rotasyon	Üretim Şekli
1	Mısır – <i>Nadas</i> – Buğday	Nadaslı
2	Sorgum – <i>Nadas</i> – Buğday	Nadaslı
3	Ayçiçeği – <i>Nadas</i> – Buğday	Nadaslı
4	Soya Fasulyesi – Buğday	Çifte Ürünlü
5	Ayçiçeği – Buğday	Çifte Ürünlü
6	Pamuk – Buğday	Çifte Ürünlü
7	Mısır – Ayçiçeği – <i>Nadas</i> – Buğday	Nadaslı
8	Mısır – Ayçiçeği – Sorgum – <i>Nadas</i> – Buğday	Nadaslı
9	Mısır – Soya Fasulyesi	Tek Ürünlü
10	Soya Fasulyesi – Mısır	Tek Ürünlü
11	Sorgum – Soya Fasulyesi	Tek Ürünlü
12	Soya Fasulyesi – Sorgum	Tek Ürünlü
13	Pamuk – Mısır	Tek Ürünlü
14	Mısır – Pamuk	Tek Ürünlü

Nöbetleşe üretimlerde önerilen planlama periyodu kış ayları olduğu için, planlanan yılların 1 Mart'ta başladığı ve 1 Aralık'ta sona erdiği kabul edilmiştir (Mohler, 2009). Buğday dışında analizde değerlendirilen ekinlerin hepsinin, bu tarih aralığında tüm işlemleri tamamlanmaktadır. Ancak buğday, bir kış ekini olduğu için, sonbaharda ekilir ve yaz aylarında hasadı alınır. Yani buğday üretimindeki tarla işlemlerinin yarısı ilk yılda, diğer yarısı ise sonraki yılda yapılmaktadır. Nöbetleşe üretim planlarına bakıldığında ise, en çok ekinin nöbetleşe üretildiği planın 8 numaralı rotasyon olduğu görülmektedir. Bu rotasyonun son ekini buğday olduğu için, dördüncü yılda işlemleri başlar ama tüm işlemleri beşinci yılda sona erer. Tüm bu bilgiler ışığında, planlamaya beşinci yıl da dahil edildiği için, uygulama için belirlenen planlama ufku beş yıldır.

DSSAT simülasyon modelinin verim tahmini yapabilmesi için bir coğrafi koordinata ait toprak yapısı verisine ve son 30 yıllık hava durumu verisine ihtiyacı vardır. Bu veriler için seçilen bölge, Kansas eyaletinin güney merkez (*South Central Kansas*) tarafında yer alan Pratt ilidir. Hem temsil kabiliyeti açısından bölgenin merkezinde yer alan iki ilden birisi olması (diğeri Kingman) hem de Kingman illinden daha çok tarım geliri ve ekili/dikili arazisi olması sebebiyle seçilmiştir (USDA, 2022). Bölgeye ait toprak verisi Harvard Dataverse (2018) veri tabanından, hava durumu verisi ise NASA (2025) veri tabanından alınmıştır. Tüm rotasyonların kendini tekrarladığı varsayımıyla, beş yıllık planın hangi yılında hangi ekinlerden ne kadar rekolte alınacağı Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Hasat Yıllarında Rekolte Verisi

<i>Rotasyon No</i>	<i>Mahsul</i>	<i>Sulama</i>	<i>1. Yıl</i>	<i>2. Yıl</i>	<i>3. Yıl</i>	<i>4. Yıl</i>	<i>5. Yıl</i>
1	Mısır	Sulanmamış	1170,6		1316		1332,2
1	Buğday	Sulanmamış			862,1		1397,6
1	Mısır	Sulanmış	1494,6		1894,7		1738,8
1	Buğday	Sulanmış			1361,3		2201,5
2	Sorgum	Sulanmamış	1586,5		1521,9		1611,8
2	Buğday	Sulanmamış			1151,4		1459
2	Sorgum	Sulanmış	3073,7		3727		3536,6
2	Buğday	Sulanmış			1853,9		2227,8
3	Ayçiçeği	Sulanmamış	678		711,9		740,7
3	Buğday	Sulanmamış			791,8		1186,7
3	Ayçiçeği	Sulanmış	730,7		742,9		780,6
3	Buğday	Sulanmış			1119,7		1683,7
4	Soya Fasulyesi	Sulanmamış	1360,8	1213	1416,9	1603,9	1386,6
4	Buğday	Sulanmamış		1656,1	1770,5	1719,2	2264,4

4	Soya Fasulyesi	Sulanmış	3848,1	3752,9	3985,4	3937,8	3781,6
4	Buğday	Sulanmış		1967,5	2814	2789,9	2941,7
5	Ayçiçeği	Sulanmamış	836,9	955,7	1069,5	1100,2	1157,9
5	Buğday	Sulanmamış		200,8	158,3	301,3	274,6
5	Ayçiçeği	Sulanmış	996,1	1671,6	1956,1	1893,4	1979,1
5	Buğday	Sulanmış		206,2	157,6	496,2	346,6
6	Pamuk	Sulanmamış	1130,1	1384,4	1482,8	1400,7	1478,9
6	Buğday	Sulanmamış		299,8	448,6	656,5	631,8
6	Pamuk	Sulanmış	1366	2127,3	2177,3	2002,2	2140
6	Buğday	Sulanmış		581,2	607,8	1045,1	608,6
7	Mısır	Sulanmamış	974,9			1195,4	
7	Ayçiçeği	Sulanmamış		639,7			879,2
7	Buğday	Sulanmamış				4404,7	
7	Mısır	Sulanmış	2086,8			2788,7	
7	Ayçiçeği	Sulanmış		828,9			1219,8
7	Buğday	Sulanmış				5530,5	
8	Mısır	Sulanmamış	1290,7				1825,7
8	Ayçiçeği	Sulanmamış		703,2			
8	Sorgum	Sulanmamış			715		
8	Buğday	Sulanmamış					4340,3
8	Mısır	Sulanmış	2589				4350,8
8	Ayçiçeği	Sulanmış		968,1			
8	Sorgum	Sulanmış			1034,9		
8	Buğday	Sulanmış					5527
9	Mısır	Sulanmamış	558,2		1675		2317
9	Soya Fasulyesi	Sulanmamış		1647,3		1188,4	
9	Mısır	Sulanmış	1368,7		3199,6		2920,7
9	Soya Fasulyesi	Sulanmış		4678,4		4781	
10	Soya Fasulyesi	Sulanmamış	1492		1422,3		1548,5
10	Mısır	Sulanmamış		1215,9		1989,3	
10	Soya Fasulyesi	Sulanmış	4796,5		4809,7		4675
10	Mısır	Sulanmış		2564		2879,3	
11	Sorgum	Sulanmamış	1212,5		2377,4		2848,9
11	Soya Fasulyesi	Sulanmamış		1504,2		1622,1	
11	Sorgum	Sulanmış	2673,1		4536,6		5341,2
11	Soya Fasulyesi	Sulanmış		4535,6		4481,5	
12	Soya Fasulyesi	Sulanmamış	1315,7		1856,9		1757,7
12	Sorgum	Sulanmamış		2458,2		2310,3	
12	Soya Fasulyesi	Sulanmış	4608,2		4747,1		4626,1
12	Sorgum	Sulanmış		5087,8		4846,6	
13	Pamuk	Sulanmamış	1067,8		856,5		1066,5
13	Mısır	Sulanmamış		841,6		840,2	
13	Pamuk	Sulanmış	1244,3		1215,2		1487,2
13	Mısır	Sulanmış		1740,4		1926	

14	Mısır	Sulanmamış	642,9	1027,7	1003,6
14	Pamuk	Sulanmamış		595,1	868,2
14	Mısır	Sulanmış	1492,7	1970	2160,8
14	Pamuk	Sulanmış		786,7	1358,2

Ekinlerin satış fiyatına ve girdi maliyetlerine dair veriler farklı kaynaklardan toplanmıştır. Satış fiyatları, United States Department of Agriculture (USDA)'ın National Agricultural Statistics Service (NASS) veri tabanından alınmıştır (USDA, 2025, NASS QuickStats Ad-hoc Query Tool). Ekinler arasındaki gelir farkını, sıra dışı olaylardan kaynaklanan fiyat dalgalanmalarından arındırmak için 10 yıllık parite fiyatları (*10-year parity prices*) kullanılmıştır. Girdi maliyetleri verisi ise KSU'da yayınlanan girdi maliyetleri raporundan elde edilmiştir (Tsoodle ve Li, 2023). Daha önce de belirtildiği gibi, bu verilerden sadece tohum, gübre ve herbisit maliyetleri kullanılırken pestisit maliyetleri kullanılmamıştır.

3.2. SENARYO ANALİZLERİ

Modelin farklı koşullarda test edilmesi için senaryo çeşitleri oluşturulmuştur. Bunların en başında gelen ekin senaryolarıdır. Bu senaryo grubunda, değerlendirilen üretim planları içerisinde yer alan tüm ekinler için 'başlıca ürün senaryosu' oluşturulmuştur. Buna göre seçilecek üretim planlarında, senaryoda belirtilen ekinden en az bir kez hasat alma koşulu vardır. Değerlendirmeye alınan üretim planlarında toplam 6 farklı ekin (buğday, mısır, sorgum, soya fasulyesi, ayçiçeği, pamuk) olduğu için 6 adet 'başlıca ürün senaryosu' vardır.

Bir diğer senaryo grubu ise çiftlik büyüklüğüne bağlı oluşturulan senaryoları içerir. Ölçek ekonomisi gereği, ekili/dikili alanın büyümesinin çiftlik planlamasında dikkat çekici farklar yaratacağı beklendiği için bu senaryo grubu oluşturulmuştur. Bu sayede farklı büyüklükte çiftlikler için politika yapıcı öneriler sunulabilir. Çiftlik büyüklüğü sınıfları, Kansas Farm Management Association (KFMA)'ın yayınladığı rapor dikkate alınarak belirlenmiştir. Çiftlik büyüklük senaryolarına ilişkin veriler, İngiliz arazi ölçüm birimi akre (*acre*) olarak, Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 7. Çiftlik Büyüklüğü Senaryoları

<i>Senaryo</i>	<i>Aralık</i>	<i>Ortalama Büyüklük</i>	<i>Ekili/Dikili Alan*</i>
1	180 – 499	340	230,52
2	500 – 999	750	508,5
3	1000 – 1999	1500	1017
4	2000 – 4999	3500	2373

*Ekili/Dikili alan, toplam arazinin %67,8'i olarak hesaplanmıştır (KSU, 2024).

Makine/ekipman satın alım kararını etkileyen en önemli etkenlerden birisi sahip olma maliyeti olduğu için sıfır model makine modellerine alternatif olarak 'ikinci el makine senaryosu' oluşturulmuştur. Bu senaryoyla tüm makinelerin hem sıfır model olduğu hem de ikinci el olduğu durumlar değerlendirilmiştir. Ancak ikinci el makineleriyle ilgili parametreler için hangi verinin kullanılacağı bir problemidir. Çünkü bir makine modelinin çok sayıda ikinci el senaryosu olabilir. Örneğin bir traktör modelinin yıllık 200 saat kullanılmış 2 yaşında bir ikinci el seçeneği mümkün olabileceği gibi yıllık 600 saat kullanılmış 5 yaşında bir ikinci el seçeneği de mümkün olabilir. İkinci seçeneğin sahip olma maliyeti birinci seçenekten daha düşük olsa da tamir/bakım maliyeti daha yüksek olacağı için toplamda daha maliyetli olabilir. Bu yüzden bir makine/ekipman çeşidi için tüm ikinci el alternatiflerini değerlendirmek, karar değişkenlerinin sayısını büyük ölçüde artırır ve çözüm süresini istenmeyen seviyelere ulaştırabilir. Tek bir ikinci el alternatifiyle bu durumdan kaçınmak için, üretim yönetiminde kullanılan Silver-Meal sezgiseline benzer bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda, bir makine/ekipman grubu için en uygun ikinci el alternatifi, sıfır modelde beklenen yıllık kullanım seviyesi ve kullanışlı ömür verisi kullanılarak tüm ikinci el alternatiflerin toplam maliyetinin hesaplanmasıyla bulunur. Toplam maliyeti en düşük olan ikinci el alternatifi ideal olan seçenektir. Ancak bu sonuç, planlama ufkunun kaç yıllık olduğuna göre değişir. Örneğin bir traktörün kullanışlı ömrü 8 yıl ve planlama ufku 5 yıllık ise sadece 1, 2 ve 3 yaşındaki ikinci el traktör modellerinin değerlendirilmesi uygun olacaktır. Ama planlama ufku 3 yıl ise bu traktör için 1, 2, 3, 4 ve 5 yaşındaki ikinci el alternatifleri değerlendirilebilir. İkinci durumda daha ekonomik bir alternatif çıkabileceği için sonuç değişebilir. O yüzden planlama ufkunun ve sıfır makine modelleriyle ilgili yıllık kullanım seviyesi ve kullanışlı ömür verilerinin değiştiği durumlarda bu yaklaşım tekrarlanarak ideal ikinci el alternatifinin yeniden bulunması gerekir. Bu çalışmadaki uygulamada kullanılan verilere

ve 5 yıllık planlama ufkuna göre, her makine/ekipman grubu için belirlenen ideal ikinci el seçeneklerine dair bilgiler Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. İdeal İkinci El Makine/Ekipman Özellikleri

Makine/Ekipman	Kullanışlı Ömür (Yıl)	Yaş	Yıllık Kullanım (Saat)	Toplam Kullanım (Saat)
Bıçerdöver	8	2	500	1000
Çift Çeker 30-79 Beygir Traktör	8	1	600	600
Çift Çeker 80-149 Beygir Traktör	8	1	600	600
Dört Çeker 30-79 Beygir Traktör	8	2	600	1200
Dört Çeker 80-149 Beygir Traktör	8	2	600	1200
Dört Çeker 150+ Beygir Traktör	8	2	600	1200
Pamuk Toplama Makinesi	8	1	500	500
Kendi Yürür Pülverizatör	8	1	350	350
Bıçerdöver Başlığı	8	3	100	300
Çizel Pulluk	12	1	150	150
Kültivatör	10	3	100	300
Sıra Arası Kültivatör	10	1	150	150
Diskaro	10	1	180	180
Karıştırıcı Diskaro	10	1	200	200
Şerit İşleme Makinesi	10	1	150	150
Ekim/Dikim Makinesi	8	1	150	150
Pülverizatör	8	1	200	200
Diskli Gübre Serpici	8	1	100	100
Sıra Arası Gübre Serpici	8	1	150	150

Makine/ekipman satın alım kararını ekonomik hâle getirebilecek diğer senaryo ise çiftçinin sahip olduğu makinelerle başka çiftliklerde hizmet vermesidir. Bu hizmetten elde edeceği gelir, sahip olma ve tamir/bakım maliyetlerini karşılamakta yardımcı olabilir. Bu sebeple, son eklenen senaryo türü ‘özel çiftçilik hizmeti verme’ senaryosudur. Bu sayede bir çiftçimim sahip olduğu makineleri sadece kendi çiftliğinde kullandığı durumdaki kararlarla, kendi çiftliğindeki operasyonların yanı sıra, diğer çiftliklerde özel çiftçilik hizmet verdiği durumda verilen kararlar kıyaslanabilir. Özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryonun görülebilmesi için modelin (33) kısıtında, sağ taraftaki ifadenin sıfır ile çarpılması gerekir. Bu sayede, s_m^y değişkeni değer almaz ve özel çiftçilik hizmeti

için ayrılan çalışma süreleri her makine için sıfır olur. Kısıt (33) için ifade edilen bu senaryo aşağıdaki gibi uygulanır:

$$\forall m \in M$$

$$\sum_{y \in Y} s_m^y \leq 0 \quad (33)$$

Sonuç olarak başlıca ürün, çiftlik büyüklüğü, sıfır/ikinci el makine ve özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme üzerine kurgulanmış 96 senaryo elde edilmiştir. Senaryolara ilişkin bilgiler Tablo 9’da verilmiştir. Senaryo sonuçları için standart bir tablo düzeni geliştirilmiştir ve Tablo 12 buna örnektir. Tablo içerisinde yer alan bölümler ve kısaltma ifadeler şu şekilde açıklanabilir:

- **Gelir/Gider Tablosu:** Bu bölümde toplam gelir ve gider farkı, tüm alt bileşenleriyle birlikte verilmiştir.
- **Ekin Planı:** Bu bölümde hangi tarlada ve yılda hangi ekinin üretildiği gösterilmektedir. Ayrıca üretimin sulama ile yapılıp yapılmadığını da gösterir. Örneğin “BGD 0” ifadesi sulanmamış buğdayı, “BGD 1” ifadesi ise sulanmış buğdayı ifade etmektedir. Ekinlerin kısaltmaları şu şekildedir:
 - BGD: Buğday
 - MSR: Mısır
 - AYÇ: Ayçiçeği
 - SYF: Soya Fasulyesi
 - PMK: Pamuk
 - SRG: Sorgum
- **Ekim Planı:** Bu bölümde hangi tarlada ve yılda hangi ekinin hangi yöntemlerle ekildiği gösterilmektedir. Tohum ekimi sırasında gübre de atılıyorsa “G-1”, gübreleme işlemi tohum ekiminden bağımsız yapılıyorsa “G-0” kısaltması

kullanılmıştır. Aynı şekilde tohum ekim işlemi toprak işleme üzerine yapılıyorsa “Tİ-1”, toprak işlemesiz (*no-tillage*) yapılıyorsa “Tİ-0” kısaltması kullanılmıştır.

- **İşlemler ile İlgili Kararlar:** Bu bölümde her bir tarla operasyon grubundaki işlemlerin ne kadarının çiftçi tarafından ve ne kadarının özel çiftçilik hizmeti alınarak yapıldığı gösterilmektedir. Çiftçi tarafından yapılan işlemler “Kendin Yap” başlığı altında, özel çiftçilik hizmeti alınarak yapılan işlemler “Özel Yaptır” başlığı altında yüzdeler olarak verilmiştir.
- **Herbisit Seviyesi:** Bu bölümde her bir ekin üretimindeki herbisit kullanım oranları yüzdeler olarak verilmiştir.
- **Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri:** Makine/ekipman satın alım kararının verildiği senaryolarda yer alan bu bölüm, sahip olunan makine özelliklerini vermektedir. Makine türünün orijinal ismi, alış fiyatı, kaç adet alındığı ve saat cinsinden ne kadar kullanıldığı bilgisi yer almaktadır. “İçeride” başlığı altında çiftlik içinde toplam kaç saat kullanıldığı, “Dışarıda” başlığı altında özel çiftçilik hizmeti vermek için toplam kaç saat kullanıldığı ifade edilmiştir.

Tablo 9. Senaryolara İlişkin Bilgiler

Senaryo	Başlıca Ürün	Çiftlik Büyüklüğü (Akre)	Makine	Özel Çiftçilik
1	Buğday	180 – 499	Sıfır	Yok
2	Buğday	180 – 499	Sıfır	Var
3	Buğday	180 – 499	İkinci El	Yok
4	Buğday	180 – 499	İkinci El	Var
5	Buğday	500 – 999	Sıfır	Yok
6	Buğday	500 – 999	Sıfır	Var
7	Buğday	500 – 999	İkinci El	Yok
8	Buğday	500 – 999	İkinci El	Var
9	Buğday	1000 – 1999	Sıfır	Yok
10	Buğday	1000 – 1999	Sıfır	Var
11	Buğday	1000 – 1999	İkinci El	Yok
12	Buğday	1000 – 1999	İkinci El	Var
13	Buğday	2000 – 4999	Sıfır	Yok
14	Buğday	2000 – 4999	Sıfır	Var
15	Buğday	2000 – 4999	İkinci El	Yok
16	Buğday	2000 – 4999	İkinci El	Var
17	Mısır	180 – 499	Sıfır	Yok
18	Mısır	180 – 499	Sıfır	Var

19	Mısır	180 – 499	İkinci El	Yok
20	Mısır	180 – 499	İkinci El	Var
21	Mısır	500 – 999	Sıfır	Yok
22	Mısır	500 – 999	Sıfır	Var
23	Mısır	500 – 999	İkinci El	Yok
24	Mısır	500 – 999	İkinci El	Var
25	Mısır	1000 – 1999	Sıfır	Yok
26	Mısır	1000 – 1999	Sıfır	Var
27	Mısır	1000 – 1999	İkinci El	Yok
28	Mısır	1000 – 1999	İkinci El	Var
29	Mısır	2000 – 4999	Sıfır	Yok
30	Mısır	2000 – 4999	Sıfır	Var
31	Mısır	2000 – 4999	İkinci El	Yok
32	Mısır	2000 – 4999	İkinci El	Var
33	Ayçiçeği	180 – 499	Sıfır	Yok
34	Ayçiçeği	180 – 499	Sıfır	Var
35	Ayçiçeği	180 – 499	İkinci El	Yok
36	Ayçiçeği	180 – 499	İkinci El	Var
37	Ayçiçeği	500 – 999	Sıfır	Yok
38	Ayçiçeği	500 – 999	Sıfır	Var
39	Ayçiçeği	500 – 999	İkinci El	Yok
40	Ayçiçeği	500 – 999	İkinci El	Var
41	Ayçiçeği	1000 – 1999	Sıfır	Yok
42	Ayçiçeği	1000 – 1999	Sıfır	Var
43	Ayçiçeği	1000 – 1999	İkinci El	Yok
44	Ayçiçeği	1000 – 1999	İkinci El	Var
45	Ayçiçeği	2000 – 4999	Sıfır	Yok
46	Ayçiçeği	2000 – 4999	Sıfır	Var
47	Ayçiçeği	2000 – 4999	İkinci El	Yok
48	Ayçiçeği	2000 – 4999	İkinci El	Var
49	Soya Fasulyesi	180 – 499	Sıfır	Yok
50	Soya Fasulyesi	180 – 499	Sıfır	Var
51	Soya Fasulyesi	180 – 499	İkinci El	Yok
52	Soya Fasulyesi	180 – 499	İkinci El	Var
53	Soya Fasulyesi	500 – 999	Sıfır	Yok
54	Soya Fasulyesi	500 – 999	Sıfır	Var
55	Soya Fasulyesi	500 – 999	İkinci El	Yok
56	Soya Fasulyesi	500 – 999	İkinci El	Var
57	Soya Fasulyesi	1000 – 1999	Sıfır	Yok
58	Soya Fasulyesi	1000 – 1999	Sıfır	Var
59	Soya Fasulyesi	1000 – 1999	İkinci El	Yok
60	Soya Fasulyesi	1000 – 1999	İkinci El	Var
61	Soya Fasulyesi	2000 – 4999	Sıfır	Yok
62	Soya Fasulyesi	2000 – 4999	Sıfır	Var

63	Soya Fasulyesi	2000 – 4999	İkinci El	Yok
64	Soya Fasulyesi	2000 – 4999	İkinci El	Var
65	Pamuk	180 – 499	Sıfır	Yok
66	Pamuk	180 – 499	Sıfır	Var
67	Pamuk	180 – 499	İkinci El	Yok
68	Pamuk	180 – 499	İkinci El	Var
69	Pamuk	500 – 999	Sıfır	Yok
70	Pamuk	500 – 999	Sıfır	Var
71	Pamuk	500 – 999	İkinci El	Yok
72	Pamuk	500 – 999	İkinci El	Var
73	Pamuk	1000 – 1999	Sıfır	Yok
74	Pamuk	1000 – 1999	Sıfır	Var
75	Pamuk	1000 – 1999	İkinci El	Yok
76	Pamuk	1000 – 1999	İkinci El	Var
77	Pamuk	2000 – 4999	Sıfır	Yok
78	Pamuk	2000 – 4999	Sıfır	Var
79	Pamuk	2000 – 4999	İkinci El	Yok
80	Pamuk	2000 – 4999	İkinci El	Var
81	Sorgum	180 – 499	Sıfır	Yok
82	Sorgum	180 – 499	Sıfır	Var
83	Sorgum	180 – 499	İkinci El	Yok
84	Sorgum	180 – 499	İkinci El	Var
85	Sorgum	500 – 999	Sıfır	Yok
86	Sorgum	500 – 999	Sıfır	Var
87	Sorgum	500 – 999	İkinci El	Yok
88	Sorgum	500 – 999	İkinci El	Var
89	Sorgum	1000 – 1999	Sıfır	Yok
90	Sorgum	1000 – 1999	Sıfır	Var
91	Sorgum	1000 – 1999	İkinci El	Yok
92	Sorgum	1000 – 1999	İkinci El	Var
93	Sorgum	2000 – 4999	Sıfır	Yok
94	Sorgum	2000 – 4999	Sıfır	Var
95	Sorgum	2000 – 4999	İkinci El	Yok
96	Sorgum	2000 – 4999	İkinci El	Var

Tüm senaryo analizlerinde model, Python programlama dili ile kodlanmış ve Gurobi 10.0.1 optimizasyon yazılımı ile çözülmüştür. Çözüm aşamasında kullanılan bilgisayar, 8 çekirdekli 11. Nesil Intel(R) Core(TM) i7-11800H @ 2.30GHz işlemciye sahiptir. Çözüm süresi açısından senaryolar arasında farklılıklar vardır. Bu farklılıkların hem parametrelerden hem de karar değişkeni sayılarından kaynaklandığı söylenebilir. Senaryoların büyük çoğunluğu %0,00 farkla optimal sonucu 24 saat içinde vermiştir. Ancak en büyük çiftlik senaryolarının bazılarında çözüm daha çok zaman aldığı için 24

saat içerisinde ulaşılan en düşük optimallik farkında çözüm işlemi durdurulmuştur. Optimallik farkı tüm senaryolarda %1'in altında olduğu için ve yorumlanabilir sonuçlar elde edildiği için sezgisel yöntemlere başvurulmamıştır. Her bir senaryonun model büyüklüğü, çözüm süresi ve optimallik farkı Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Senaryoların Model Büyüklüğü, Çözüm Süreleri ve Optimallik Farkları

Senaryo	Karar Değişkeni Sayıları		Çözüm Süresi (Saniye)	Optimallik Farkı
	Tam Sayılı	İkili		
1	12131	2076	6,49	0,00%
2	14931	2076	13,96	0,00%
3	12140	2076	4,54	0,00%
4	14940	2076	29,71	0,00%
5	12129	2076	9,88	0,00%
6	14940	2076	21,97	0,00%
7	12129	2076	20,04	0,00%
8	14940	2076	317,51	0,00%
9	12136	2076	45,61	0,00%
10	14940	2076	383,12	0,00%
11	12136	2076	112,17	0,00%
12	14940	2076	523,73	0,00%
13	12140	2076	3288,60	0,00%
14	14940	2076	36687,66	0,16%
15	12140	2076	2421,86	0,00%
16	14940	2076	6792,58	0,01%
17	11993	1929	5,19	0,00%
18	14794	1929	10,24	0,00%
19	12014	1929	6,9	0,00%
20	14814	1929	14,38	0,00%
21	12003	1929	7,01	0,00%
22	14814	1929	12,36	0,00%
23	12003	1929	14,89	0,00%
24	14814	1929	77,02	0,00%
25	12009	1929	10,7	0,00%
26	14814	1929	115,16	0,00%
27	12009	1929	85,42	0,00%
28	14814	1929	73,4	0,00%
29	12014	1929	81,69	0,00%
30	14814	1929	66586,51	0,01%
31	12014	1929	56,9	0,00%
32	14814	1929	12513,48	0,10%
33	11848	1740	4,85	0,00%
34	14649	1740	10,59	0,00%

35	11882	1740	4,82	0,00%
36	14682	1740	13,75	0,00%
37	11865	1740	3,73	0,00%
38	14676	1740	15,4	0,00%
39	11871	1740	8,99	0,00%
40	14682	1740	83,76	0,00%
41	11877	1740	7,54	0,00%
42	14682	1740	86,32	0,01%
43	11877	1740	49,94	0,00%
44	14682	1740	2406,88	0,01%
45	11882	1740	103,5	0,00%
46	14682	1740	29501,3	0,01%
47	11882	1740	3315,87	0,01%
48	14682	1740	35232,36	0,15%
49	11936	1869	3,38	0,00%
50	14736	1869	8,8	0,00%
51	11963	1869	4,61	0,00%
52	14763	1869	20,6	0,00%
53	11950	1869	3,9	0,00%
54	14762	1869	17,15	0,00%
55	11952	1869	7,88	0,00%
56	14763	1869	52,9	0,00%
57	11958	1869	9,32	0,00%
58	14763	1869	99,14	0,00%
59	11958	1869	57,97	0,00%
60	14763	1869	736,86	0,00%
61	11963	1869	135,54	0,00%
62	14763	1869	1056,88	0,01%
63	11963	1869	977,18	0,00%
64	14763	1869	22250,83	0,10%
65	11854	1803	2,38	0,00%
66	14656	1803	3,1	0,00%
67	11897	1803	6,65	0,00%
68	14697	1803	10,73	0,00%
69	11867	1803	4,31	0,00%
70	14684	1803	7,86	0,00%
71	11886	1803	13,26	0,00%
72	14697	1803	102,93	0,00%
73	11892	1803	13,79	0,00%
74	14697	1803	70,52	0,00%
75	11892	1803	43,03	0,00%
76	14697	1803	60,06	0,00%
77	11897	1803	60,09	0,00%
78	14697	1803	3674,32	0,10%

79	11897	1803	51,05	0,00%
80	14697	1803	1226,63	0,00%
81	11874	1830	4,63	0,00%
82	14675	1830	5,41	0,00%
83	11915	1830	3,7	0,00%
84	14715	1830	16,37	0,00%
85	11891	1830	5,07	0,00%
86	14704	1830	12,81	0,00%
87	11904	1830	5,19	0,00%
88	14715	1830	29,17	0,00%
89	11909	1830	11,09	0,00%
90	14715	1830	127,15	0,00%
91	11909	1830	52,37	0,00%
92	14715	1830	561,62	0,00%
93	11915	1830	112,35	0,00%
94	14715	1830	312,21	0,01%
95	11915	1830	660,05	0,00%
96	14715	1830	1138,31	0,01%

3.2.1. Buğday Çiftliği Senaryoları

Bu başlıkta, başlıca ekini buğday olan çiftlikler için analiz sonuçları verilmiştir. Senaryolar, farklı büyüklüklerdeki buğday çiftlikleri için alt başlıklara ayrılmıştır. Her bir alt başlıkta, sıfır/ikinci el makine ve özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme senaryoları incelenmiştir.

3.2.1.1. 180 – 499 Acre

180-499 acre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 180 ile 500 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 340 acre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 230,52 acre olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki bir buğday çiftliği için, sadece sıfır makinelerin değerlendirildiği ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği durumda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 11’de görüldüğü şekilde olur. İkinci el senaryosu ve özel çiftçilik hizmetinin verildiği senaryo analiz edildiğinde, sonuçların değişmediği görülmüştür. Bu yüzden, Tablo 11’de verilen sonuçlar, bu büyüklükteki buğday çiftliği için oluşturulan tüm senaryoları temsil etmektedir.

Modelin verdiği sonuçlara göre, 180-499 acre aralığındaki bir buğday çiftliği, finansal riskini en aza indirmek için buğdayı A tarlasında sorgum ile, B tarlasında pamuk ile ve C

tarlasında soya fasulyesi ile nöbetleşe üretmesi gerekir. 5 yıllık bir üretim planında 4 farklı ekin yetiştirmesine rağmen kârlı bir üretin yapması dikkat çekicidir. Bu durum aşağıdaki kararlarla açıklanabilir:

- A tarlasında nadaslı bir üretim planı seçilmiş ancak nadas zamanı herbisit maliyetinden kaçınmak için toprak işlemeli tohum ekimi yapılmıştır.
- B ve C tarlasında ise nadas zamanı herbisit maliyetinden kaçınmak için aralıksız (nadas olmayan) üretim planları uygulanmıştır.
- Sorgum ve pamuk üretiminde, tohum ekimi sonrası yabancı otla mücadele için mekanik yöntemli operasyon planları uygulanarak ekim sonrası herbisit maliyetlerinden kaçınılmıştır.
- Baştan sona bütün operasyonların, makine/ekipman sahip olma yoluyla değil özel çiftçilik hizmeti satın alma yoluyla yaptırılması daha kârlı bulunmuştur.
- Sulama ile ilgili verilen kararlarda görülen farklılık, sulama kararının kârlılık üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Pamukla nöbetleşe üretilen buğday planında hiç sulama yapılmazken, sorgumlu planda tamamen sulama yapılmış ve soya fasulyesi içeren planda yıldan yıla farklılık göstermektedir. Yıllara göre farklılık gösteren durumlar, doğrudan bölgenin hava durumu verisiyle ilgilidir. Ancak üretim planına göre farklılık gösteren sulama kararları ile ilgili genel geçer çıkarımlar yapılabilir. Buna göre buğday, sorgum ile nadaslı üretiliyorsa tamamen sulama yapılması kârlı iken, pamuk ile aralıksız üretim yapıldığı durumda hiç sulama yapmamak daha kârlıdır.
- Soya fasulyesi dışında tüm ekinlerin tohum ekim işlemi, gübreleme işlemiyle birlikte yapılmıştır. Makine/ekipman satın alınmadığı için, tohum ekimi ve gübreleme işlemleri için ayrı ayrı özel çiftçilik hizmeti satın alınmayarak bu maliyet kaleminde de tasarruf sağlanmıştır.

Tablo 11. 180 – 499 Akrilik Buğday Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler		\$553.554			1	2	3	4	5
Ekin		\$553.554	Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik		\$0				BGD 1		BGD 1	
Giderler		\$450.467		B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik		\$151.383			BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma		\$0		C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt		\$0			BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü		\$0	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$0			1	2	3	4	5
Gübre		\$178.498	Tarlalar	A	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit		\$50.757				G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1	
Ekin		\$50.757		B	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas		\$0			G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	
Tohum		\$69.829		C	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0
Kâr		\$103.087			G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%0		%0		%0
Ekim/Dikim		100%				%50		%50	
Gübreleme		100%		B	%0	%0	%0	%0	%0
Yabani Ot		100%			%50	%50	%50	%50	
Hasat		100%		C	%50	%50	%50	%50	%50
					%50	%50	%50	%50	%50

3.2.1.2. 500 – 999 Akre

500-999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 500 ile 1000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 750 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 508,5 akre olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki bir buğday çiftliği için, sadece sıfır makinelerin değerlendirildiği ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği durumda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 12’de görüldüğü şekilde olur. İkinci el makine senaryosu ve sıfır makinelerle özel çiftçilik hizmetinin verildiği senaryo için sonuçlar değişmezken, ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmetinin verildiği senaryoda farklı kararlar alındığı görülmüştür. Bu yüzden, Tablo

12’de verilen sonuçlar birinci durumu, Tablo 13’de ise ikinci durumdaki sonuçlar görülmektedir.

Tablo 12. 500-999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır, İkinci El ve Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$1.221.074				1	2	3	4	5
Ekin	\$1.221.074		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik							BGD 1		BGD 1
Giderler	\$1.015.714			B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik	\$355.971					BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma				C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt						BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü			Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım					1	2	3	4	5
Gübre	\$393.745		Tarlalar	A	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit	\$111.963						G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Ekin	\$111.963			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas						G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Tohum	\$154.035			C	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0
Kâr	\$205.360					G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%0		%0		%0
Ekim/Dikim		100%					%50		%50
Gübreleme		100%		B	%0	%0	%0	%0	%0
Yabani Ot		100%				%50	%50	%50	%50
Hasat		100%		C	%50	%50	%50	%50	%50
						%50	%50	%50	%50

Modelin verdiği sonuçlara göre, 500-999 akre aralığındaki bir buğday çiftliği için, sıfır makine, ikinci el makine ve sıfır makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryolarında, 180-499 akre aralığındaki çiftlik kararlarıyla birebir aynı kararlar verildiği görülmektedir. Aradaki tek fark, ölçek ekonomisi gereği kârlılığın daha yüksek olmasıdır. Ancak ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryosunda, modelin verdiği sonuçlarda farklılıklar gözlenmektedir. Dikkat çekici farklılıklar aşağıdaki yorumlarla açıklanabilir:

- Ekin kararları aynı kalmakla birlikte pamuk üretiminde, ekim işlemiyle gübreleme işlemi ayrı ayrı yapılmıştır. Herbisit kullanım oranlarında bir değişiklik olmamıştır.
- En dikkat çekici farklılık, ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryosundaki işlemler ile ilgili kararlardır. İşlemlerin büyük bir bölümü çiftçinin kendisi tarafından yapılmasına karar verilmiştir. Ama gübreleme işlemlerinin %35'i ve hasat işlemlerinin tamamı hâlâ özel çiftçilik hizmeti alınarak yapılmaktadır.
- Çiftçi tarafından yapılacak operasyonlar için gerekli olan makine/ekipman gruplarının satın alındığı görülmektedir. Makinelerin bu kadar çeşitli olması ekin çeşitliliği ve operasyon planı çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır.
- Satın alınan pülverizatör, sıra arası işlem yapamadığı için sadece buğday üretiminde herbisit ve gübre için kullanılabilir. Bu durum, neden gübreleme işlemlerinin %35'inin özel çiftçilik hizmetiyle yaptırıldığını açıklar. Çünkü bu ekipman, pamuk gübrelemesinde kullanılamayacağı için pamuk gübreleme işlemi özel çiftçilik hizmeti alınarak yapılmıştır.
- İkinci el de olsa, biçerdöver ve biçerdöver başlıklarının satın alınması kârlı bulunmamıştır. Bu makinelere sahip olarak özel çiftçilik geliri elde etmek mümkün olsa da bu gelirler, bu makinelerin maliyetlerini karşılamaya yetmemektedir. Dolayısıyla bütün hasat işlemleri, özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yaptırılmıştır.
- Sonuç olarak, bu büyüklükteki bir buğday çiftliği için makine/ekipman satın almanın kârlı olabilmesi için ikinci el olmaları yetmemektedir. Bu ikinci el makinelerle diğer çiftliklere özel çiftçilik hizmeti vererek buradan gelecek gelirlerle makinelerin maliyetlerini karşılaması gerekmektedir.

Tablo 13. 500-999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı	Yıllar					
Gelirler		\$1.388.931		1	2	3	4	5	
Ekin		\$1.221.074	Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik		\$167.857				BGD 1		BGD 1	
Giderler		\$1.154.970		B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik		\$158.125				BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma		\$207.503		C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt		\$48.296				BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü		\$50.980	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$30.322			1	2	3	4	5
Gübre		\$393.745	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit		\$111.963				G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1	
Ekin		\$111.963		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas						G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Tohum		\$154.035		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr		\$233.961				G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0
					%50		%50		
Ekim/Dikim	100%			B	%0	%0	%0	%0	%0
Gübreleme	65%	35%			%50	%50	%50	%50	
Yabani Ot	100%			C	%50	%50	%50	%50	%50
Hasat		100%			%50	%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alış Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)				
					Toplam	İçeride	Dışarıda		
Tractor(40-59hp) 2WD 50			\$ 19.320	1	415	240	175		
Tractor(160-179hp) MFWD 170			\$ 108.500	1	1810	950	860		
Chisel Plow-Rigid 15’			\$ 20.100	1	120	63	57		
Field Cult & Inc Fld 24’			\$ 47.900	1	228	148	80		
Cultivate 6R-30			\$ 28.100	1	359	189	170		
Disk Harrow 40-100hp 14’			\$ 24.600	1	415	240	175		
Plant – Rigid 8R-30			\$ 53.600	1	384	192	192		
Grain Drill 20’			\$ 55.100	1	352	176	176		
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold			\$ 14.980	1	374	189	185		

3.2.1.3. 1000 – 1999 Akre

1000-1999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 1000 ile 2000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 1500 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 1017 akre olarak hesaplanmıştır. Bu çiftlik büyüklüğü için bütün senaryolar farklı sonuçlar verdiği için her bir senaryo sonucu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sadece sıfır makineli ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 14’de görüldüğü şekilde olur.

Tablo 14. 1000-1999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler		\$2.442.148			1	2	3	4	5
Ekin		\$2.442.148	Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik						BGD 1		BGD 1	
Giderler		\$2.071.711		B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik		\$693.393				BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma		\$40.478		C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt		\$4.551				BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü		\$11.588	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$2.214			1	2	3	4	5
Gübre		\$787.490	Tarlalar	A	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit		\$223.926					G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Ekin		\$223.926		B	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas						G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Tohum		\$308.070		C	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0
Kâr		\$370.437					G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
			Tarlalar	A	%0		%0		%0
Toprak İşleme	62%	38%					%50		%50
Ekim/Dikim		100%		B	%0	%0	%0	%0	%0
Gübreleme		100%				%50	%50	%50	%50
Yabani Ot		100%		C	%50	%50	%50	%50	%50
Hasat		100%				%50	%50	%50	%50

Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri					
Makine/Ekipman Modelleri	Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)		
			Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(40-59hp) 2WD 50	\$ 34.500	1	620	620	
Disk Harrow 40-100hp 14'	\$ 24.600	1	620	620	

Modelin verdiği sonuçlara göre, 1000-1999 akre aralığındaki bir buğday çiftliği için, sıfır makinelerin sadece çiftlikte kullanıldığı senaryoda, önceki büyüklüklere kıyasla farklı kararlar verildiği görülmüştür. Dikkat çekici farklılıklar aşağıdaki yorumlarla açıklanabilir:

- Ekin kararları aynı kalmakla birlikte pamuk üretiminde, ekim işlemiyle gübreleme işlemi aynı operasyonda birlikte yapılmıştır. Herbisit kullanım oranlarında bir değişiklik olmamıştır. Bu da herbisit maliyetlerinin ölçek ekonomisinden bağımsız olarak çok olumsuz etkiye sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir.
- İşlemler ile ilgili kararlarda özel çiftçilik hizmetiyle yaptırma seçeneği büyük çoğunluğu oluştursa da toprak işleme kategorisindeki işlemler çoğunlukla çiftçi tarafından yapılmaktadır.
- Toprak işleme için gerekli olan traktör ve ekipman için satın alım kararı verilmiştir. Bu traktör ve ekipmanın en küçük boy olması dikkat çekicidir. Toprak işleme kategorisindeki işlemlerin %62'si çiftçi tarafından yapıldığına göre ve alınan tek toprak işleme aleti diskaro olduğuna göre, seçilen operasyon planlarında toprak işleme seçeneklerinin çoğunu diskleme işlemi oluşturmaktadır.
- Satın alınan traktör ve diskaronun, sadece çiftlik içerisinde toplamda 620 saat kullanılması, diskaronun en küçük boy (14 inç genişliğinde) olmasıyla açıklanabilir. Bu kadar yüksek seviyelerde kullanılmasının işgücü, yakıt ve tamir/bakım maliyetlerini büyük ölçüde artırması beklense de bu maliyetlerin, daha büyük ekipmanlara sahip olma maliyetinden daha düşük olduğu çıkarımı yapılabilir.

İkinci bir senaryoda ise sıfır makinelerin hem çiftlik içerisindeki operasyonlarda hem de diğer çiftliklerde özel çiftçilik hizmeti vermek için değerlendirildiği durum gözlemlenmiştir. Bu senaryonun sonuçları Tablo 15'de verilmiştir. Buna göre:

- Ekin kararları aynı kalmakla birlikte operasyon planlarında farklılıklar oluşmuştur. Bunun en büyük sebebi, sahip olunan makinelerden daha çok faydalanma imkanının oluşmasıdır. Özel çiftçilik hizmeti vererek elde edilecek gelirler daha fazla makineye sahip olmaya imkân verdiği için model, operasyon planı tercihlerini sahip olunan makinelere göre yeniden şekillendirmektedir.
- Makine/ekipman setinde görülen çeşitlilik ancak özel çiftçilik hizmeti verilirse mümkün olmaktadır. Saat cinsinden kullanım verilerine bakıldığında, bu hizmet için ayrılan zamanın çiftlik içerisinde ayrılan zamana yakın olması gerekmektedir. Buna rağmen, hasat işlemleri için makine almak yine ekonomik hâle gelmemiştir.

Tablo 15. 1000-1999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$2.770.485				1	2	3	4	5
Ekin	\$2.442.148		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik	\$328.337						BGD 1		BGD 1
Giderler	\$2.275.066			B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik	\$306.425					BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma	\$431.380			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$89.994					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$87.853		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$39.929				1	2	3	4	5
Gübre	\$787.490		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit	\$223.926						G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Ekin	\$223.926			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas						G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Tohum	\$308.070			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$495.419					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	88%	12%	Tarlalar	A	%0		%0		%0
Ekim/Dikim	100%						%50		%50
Gübreleme	100%			B	%0	%0	%0	%0	%0
Yabani Ot	96%	4%				%50	%50	%50	%50
Hasat		100%		C	%50	%50	%50	%50	%50
						%50	%50	%50	%50

Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri					
Makine/Ekipman Modelleri	Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)		
			Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(40-59hp) 2WD 50	\$ 34.500	1	835	480	355
Tractor(180-199hp) MFWD 190	\$ 274.000	1	3000	1722	1278
Field Cult & Inc Fld 32'	\$ 69.400	1	346	221	125
Cultivate 8R-30	\$ 36.300	1	519	280	239
Disk Harrow 40-100hp 14'	\$ 24.600	1	835	480	355
Plant – Rigid/Folding 12R-30	\$ 82.650	1	556	278	278
Grain Drill 20'	\$ 55.100	1	525	320	205
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold	\$ 14.980	1	726	363	363
Fert Appl (Liquid) 8R-30	\$ 26.300	1	337	269	68

Kalan iki senaryo türünden olan ikinci el makineli ve ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryolarında karşılaşılan sonuçlar Tablo 16 ve Tablo 17'de verilmiştir.

- Ekin ve herbisit kullanımı kararları aynı kalırken, operasyon planı tercihinde gübrelemenin bağımsız olarak yapıldığı ve toprak işlemeli ekim/dikim kararlarının verildiği görülmektedir. Bunun nedeni, ikinci el makinelerin bu operasyonların yapılmasını ekonomik hâle getirmesidir. Dört farklı toprak işleme ekipmanının (çizel pulluk, kültivatör, sıra arası kültivatör ve diskaro) satın alınmış olması, her yılda ve her ekin üretiminde toprak işlemeli operasyon planlarını ekonomik hâle getirmiştir.
- İkinci el makineler toprak işleme, tohum ekimi, gübreleme ve yabancı ot temizleme işlemlerinin tamamının çiftçi tarafından yapılmasını mümkün kılarsa da hasat işlemleri için yine yeterli olmamıştır.
- Pülverizatör ve sıra arası gübre serpici makinelerin satın alınmış olması, tohum ekme işlemlerinin neden hiç gübrelemeyle birleştirilmediğini açıklar. Bu makineler, gübrelemeyi bağımsız bir işlem olarak yapmayı daha ekonomik hâle getirmiştir.

Tablo 16. 1000-1999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar					
Gelirler		\$2.442.148			1	2	3	4	5	
Ekin		\$2.442.148		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik								BGD 1		BGD 1
Giderler		\$1.982.914			B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik		\$278.796					BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma		\$220.123			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt		\$60.058					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü		\$63.721		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$40.729				1	2	3	4	5
Gübre		\$787.490		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit		\$223.926						G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Ekin		\$223.926			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas							G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Tohum		\$308.070			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr		\$459.234					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5	
			Tarlalar	A	%0		%0		%0	
Toprak İşleme	100%						%50		%50	
Ekim/Dikim	100%			B	%0	%0	%0	%0	%0	
Gübreleme	100%					%50	%50	%50	%50	
Yabani Ot	100%			C	%50	%50	%50	%50	%50	
Hasat		100%				%50	%50	%50	%50	
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri										
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet		Kullanım (Saat)			
							Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(40-59hp) 2WD 50			\$ 19.320		1		574	574		
Tractor(160-179hp) MFWD 170			\$ 108.500		1		2235	2235		
Chisel Plow-Rigid 15’			\$ 20.100		1		126	126		
Field Cult & Inc Fld 24’			\$ 47.900		1		249	249		
Cultivate 6R-30			\$ 28.100		1		376	376		
Disk Harrow 40-100hp 14’			\$ 24.600		1		574	574		
Plant – Rigid 8R-30			\$ 53.600		1		384	384		
Grain Drill 20’			\$ 55.100		1		352	352		

Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold	\$ 14.980	1	399	399	
Fert Appl (Liquid) 6R-30	\$ 25.300	1	357	357	

Son senaryo olan ikinci el makineli özel çiftçilik hizmeti verme senaryosundaki sonuçlarda dikkat çekici hususlar şunlardır:

- Ekin, herbisit kullanımı ve operasyon planı tercihindeki durumlar bir önceki senaryoya aynı şekildedir. İkinci el makinelerle dışarıya özel çiftçilik hizmeti vermek, bu kararları bir önceki senaryodan daha da ekonomik hâle getirir.
- İşlemler ile ilgili kararlarda, bir önceki senaryodan farklı olarak, hasat işlemlerinin %78'inin çiftçi tarafından yapıldığı görülmektedir. Bu senaryo, bu durumun karşılaştığı ilk senaryodur. Bu işlemler için satın alınan biçerdöver ve biçerdöver başlığıyla, buğday, soya fasulyesi ve sorgum hasadı alınmaktadır. Geriye kalan %22'lik dilim pamuk hasadını temsil etmektedir. Pamuk toplayıcı makineler sadece pamuk hasadında kullanıldığı için satın almak ekonomik olmamış, pamuk hasadı özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yaptırılmıştır.
- Hasat makineleri dışında kalan makinelerde daha büyük traktör ve ekipmanların tercih edildiği görülmektedir. Bu durum, büyük makinelerle elde edilen işgücü, yakıt ve tamir/bakım maliyetlerindeki tasarrufun ve özel çiftçilik gelirlerinin, yüksek sahip olma maliyetlerini aştığına işaret etmektedir.

Tablo 17. 1000-1999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$3.302.370				1	2	3	4	5
Ekin	\$2.442.148		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik	\$860.222						BGD 1		BGD 1
Giderler	\$2.558.857			B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik	\$22.636					BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma	\$720.819			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$188.680					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$96.128		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$211.108				1	2	3	4	5
Gübre	\$787.490		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit	\$223.926						G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Ekin	\$223.926			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas						G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Tohum	\$308.070			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$743.513					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0
							%50		%50
Ekim/Dikim	100%			B	%0	%0	%0	%0	%0
Gübreleme	100%					%50	%50	%50	%50
Yabani Ot	100%			C	%50	%50	%50	%50	%50
Hasat	78%	22%				%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(200-249hp) MFWD 225			\$ 163.500		1	2981	1533	1448	
Chisel Plow-Rigid 20’			\$ 13.400		1	210	105	105	
Field Cult & Inc Fld 32’			\$ 69.400		1	206	103	103	
Cultivate 12R-30			\$ 62.000		1	359	189	170	
Disk Harrow 32’			\$ 87.500		1	360	210	150	
Plant – Rigid/Folding 12R-30			\$ 82.650		1	430	215	215	
Grain Drill 35’			\$ 117.000		1	480	240	240	
Fert Appl (Liquid) 12R-30			\$ 36.200		1	411	216	195	
Spray (Pull Type) 90’			\$ 70.400		1	383	193	190	
Combine (400-449 hp)			\$ 292.240		1	1440	720	720	
Header – Draper 40’			\$ 56.168		1	1440	720	720	

3.2.1.4. 2000 – 4999 Akre

2000-4999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 2000 ile 5000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 3500 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 2373 akre olarak hesaplanmıştır. Bu çiftlik büyüklüğü için bütün senaryolar farklı sonuçlar verdiği için her bir senaryo sonucu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. En büyük çiftlik büyüklüğü senaryosunda, makine/ekipman satın alım kararlarının önceki senaryolardan daha esnek verildiği görülmüştür. Ekin, ekim ve herbisit kararlarında büyük bir değişiklik olmadığı için yorumlar, daha çok İşlemler ile ilgili kararlar ve makine/ekipman kararları üzerinden şekillenmiştir. Ölçek ekonomisinin bir sonucu olarak bu büyüklükteki buğday çiftliğinin tüm senaryolarda kârlılık seviyesi yükselmiştir. Sadece sıfır makineli ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 18’de görüldüğü şekilde olur.

Tablo 18. 2000-4999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır Makine)

Gelir/Gider Tablosu		Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$5.698.345			1	2	3	4	5
Ekin	\$5.698.345	Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik						BGD 1		BGD 1
Giderler	\$4.575.869		B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik	\$153.513				BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma	\$954.480		C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$164.837				BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$130.679	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$93.559			1	2	3	4	5
Gübre	\$1.837.477	Tarlalar	A	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ- 1		G-1 Tİ- 1
Herbisit	\$522.495					G-0 Tİ- 1		G-1 Tİ- 1
Ekin	\$522.495		B	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ- 1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ- 1
Nadas					G-0 Tİ-1	G-1 Tİ- 1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 1
Tohum	\$718.829		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 0	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 0
Kâr	\$1.122.476				G-0 Tİ-1	G-1 Tİ- 1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ- 1

İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	88%	13%	Tarlalar	A	%0		%0		%0
Ekim/Dikim	74%	26%					%50		%50
Gübreleme	100%			B	%0	%0	%0	%0	%0
Yabani Ot	100%					%50	%50	%50	%50
Hasat	78%	22%		C	%50	%50	%50	%50	%50
						%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(40-59hp) 2WD 50				\$ 34.500	1	1998	1998		
Tractor(200-249hp) MFWD 225				\$ 327.000	1	2588	2588		
Chisel Plow-Rigid 20’				\$ 13.400	1	246	246		
Cultivate 16R-30				\$ 83.400	1	328	328		
Disk Harrow 40-100hp 14’				\$ 24.600	3	1998	1998		
Plant & Pre-Rigid/Folding 12R-30				\$ 93.000	1	540	540		
Grain Drill 20’				\$ 55.100	1	525	525		
Fert Appl (Liquid) 12R-30				\$ 36.200	1	501	501		
Spray (Pull Type) 90’				\$ 70.400	1	463	463		
Combine (250-299 hp)				\$ 463.000	1	1656	1656		
Header Wheat/Sorghum 22’				\$ 19.800	1	1196	1196		
Header -Soybean 22’				\$ 44.600	1	460	460		

Sıfır makinelerin sadece çiftlik içerisinde değerlendirildiği senaryo sonuçlarına göre aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Üretim yapılan hiçbir yılda, toprak işleme olmadan tohum ekilmediği için toprak işleme operasyonları tüm işlemler içerisinde önemli yer tutmaktadır. Toprak işleme operasyonlarının %88'i çiftçi tarafından yapıldığı için, 14 inç ebadındaki diskaro için 50 beygirlik traktör ve 20 inç ebadındaki çizel pulluk ile 16 sıralık sıra arası kültivatör için 225 beygirlik traktör alınmıştır. Toprak işleme operasyonlarının toplamda 2600 saatin üzerinde bir iş yoğunluğu olduğu görülmektedir. 14 inç ebadındaki diskarodan 3 adet alınmış olması dikkat çekicidir. Bu, en küçük boyuttaki diskaro olduğu için en büyük buğday çiftliğinde çok zaman harcaması gerekir. Yıllık 150 saat olan kullanım kapasitesinin aşılmaması için bu diskarodan 3 adet almak gerekli olmuştur.

- Üretim planlarının 23'te 12'si, ekim öncesi gübreleme işlemini tohum ekimiyle birleştirirken geri kalanını bağımsız bir şekilde gerçekleştirmiştir. Satın alınan ekim ve dikim makineleri gübreleme yapmayan standart makineler olduğu için özel çiftçilik hizmetiyle yaptırılan %26'luk dilimdeki ekim/dikim işlemleri, gübrelemeyle birlikte yapılan 12 üretim planını temsil etmektedir. Bağımsız yapılan tüm gübreleme işlemleri çiftçi tarafından yapıldığı için sıra arası gübre serpici ve buğday için homojen gübre sıkan pülverizatör satın alınmıştır.
- Hasat işlemleri, pamuk haricinde çiftçi tarafından yapıldığı için biçerdöver satın alınmıştır. Buğday ve sorgum hasadına uygun olan 22 inç ebadındaki başlık ile 22 inç ebadındaki soya fasulyesi başlığı satın alınmıştır. Buğday/sorgum başlığı 13 operasyon planında uygulanırken soya fasulyesi başlığı sadece 5 operasyon planında kullanılmıştır. Bu durum, saatlik kullanım farkında da görülmektedir.

Özel çiftçilik hizmeti verilmediği durumda bile .ok sayıda sıfır makine alınarak operasyonların büyük çoğunluğunun çiftçi tarafından yapıldığı görülmektedir. Sıfır makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryosunda ise yine kararların değiştiği gözlemlenmiştir ve sonuçlar Tablo 19'da verilmiştir. Dikkat çekici değişiklikler aşağıdaki gibidir:

- Ekin kararlarının içeriğinde bir değişiklik olmasa da B ve C tarlası için verilen kararların yer değiştirdiği görülmektedir. Tarlalar birbiriyle özdeş olduğu için bu değişikliğin bir önemi yoktur.
- Tüm operasyon planlarında gübreleme ve toprak işleme operasyonları tohum ekiminden bağımsız yapılması kararı verilmiştir. Toprak işleme ve ekim/dikim işlemlerinde 'kendin yap' oranlarının yükseldiği görülmüştür. Bu da her makine türünden, en standart modellerin alınması kararına yol açmıştır. Diğer bir ifadeyle, hiçbir makine iki işi bir arada yapmamaktadır. Bu kararın verilmesindeki en büyük etken, çok makine ile çeşitli özel çiftçilik hizmeti verilmesi yoluyla gelirlerin artırılabilmesi imkânıdır.

- Makinelerle ilgili en önemli gelişme daha büyük ebatlı makinelerin satın alınmış olmasıdır. Bu durum da bir küçük ve bir büyük traktör alınması yerine iki tane büyük (225 beygir) traktör alınmasına yol açmıştır.

Tablo 19. 2000-4999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$7.462.373				1	2	3	4	5
Ekin	\$5.698.345		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik	\$1.764.028						BGD 1		BGD 1
Giderler	\$5.442.588			B	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$54.638					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
Sahip Olma	\$1.560.614			C	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Yakıt	\$310.951					BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
İşgücü	\$180.807		Ekin Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$256.778				1	2	3	4	5
Gübre	\$1.837.477		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit	\$522.495						G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Ekin	\$522.495			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas						G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Tohum	\$718.829			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$2.019.785					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0
							%50		%50
Ekim/Dikim	91%	9%		B	%50	%50	%50	%50	%50
Gübreleme	100%					%50	%50	%50	%50
Yabani Ot	100%			C	%0	%0	%0	%0	%0
Hasat	78%	22%				%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet		Kullanım (Saat)		
							Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(200-249hp) MFW225			\$ 327.000		2		5888	3013	2875
Chisel Plow-Rigid 20’			\$ 13.400		1		496	248	248
Field Cult & Inc 42’			\$ 97.800		1		362	181	181
Cultivate 16R-30			\$ 83.400		1		633	328	305
Disk Harrow 42’			\$ 139.000		1		645	370	275
Plant – Folding 16R/24R-30			\$ 187.000		1		720	360	360

Grain Drill 35'	\$ 117.000	1	750	385	365
Fert Appl (Liquid) 8R-30	\$ 26.300	1	318	159	159
Spray (Pull Type) 90'	\$ 70.400	1	877	448	429
Combine (300-349 hp)	\$ 538.000	1	2427	1215	1212
Header Wheat/Sorghum 30'	\$ 55.100	1	1750	878	872
Header -Soybean 30'	\$ 52.900	1	680	340	340

Özel çiftçilik hizmeti vermeden ikinci el makinelerle çiftliğin yürütüldüğü senaryonun sonuçları Tablo 20’de verilmiştir. Buna göre aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Ekin kararlarının içeriğinde bir değişiklik olmasa da verilen kararların tarlalar arası yer değiştirdiği görülmektedir. Tarlalar birbiriyle özdeş olduğu için bu değişikliğin bir önemi yoktur.
- Tüm operasyon planlarında gübreleme ve toprak işleme operasyonları tohum ekiminden bağımsız yapılması kararı verilirken sorgum üretiminde gübreleme işlemi ekim/dikim işlemiyle birlikte yapılmıştır. Bu iki işlemi beraber yapabilen bir dikim makinesi alındığına göre ‘özel yaptır’ kararının verildiği %9’luk kısım, gübreleme işlemi olmadan yapılan dikim işlemlerini temsil etmektedir.
- Makine büyüklükleriyle ilgili verilen kararlar büyük oranda sıfır makineli senaryoya benzemektedir. Buna göre, özel çiftçilik hizmeti vermek için, büyük ölçekli makinelerin küçük ölçekli makinelerden daha uygun olduğu çıkarımı yapılabilir. Bu senaryoda, ideal ikinci el makinelerin varlığı, kârlılık seviyesini artırmaktadır.

Tablo 20. 2000-4999 Akrelik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar					
Gelirler		\$5.698.345			1	2	3	4	5	
Ekin		\$5.698.345		Tarlalar	A	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik							BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Giderler		\$4.310.769			B	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik		\$121.873						BGD 1		BGD 1
Sahip Olma		\$621.829			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt		\$160.503					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü		\$128.008		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$199.755				1	2	3	4	5
Gübre		\$1.837.477		Tarlalar	A	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Herbisit		\$522.495					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Ekin		\$522.495			B	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Nadas								G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Tohum		\$718.829			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-0
Kâr		\$1.387.576					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5	
Toprak İşleme	79%	21%	Tarlalar	A	%0	%0	%0	%0	%0	
Ekim/Dikim	91%	9%			%50	%50	%50	%50		
Gübreleme	100%			B	%0		%0		%0	
Yabani Ot	100%					%50		%50		
Hasat	78%	22%		C	%50	%50	%50	%50	%50	
					%50	%50	%50	%50	%50	
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri										
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet		Kullanım (Saat)			
							Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(40-59hp) 2WD 50			\$ 19.320		1		1998	1998		
Tractor(200-249hp) MFWD 225			\$ 163.500		1		2457	2457		
Chisel Plow-Rigid 20’			\$ 13.400		1		82	82		
Cultivate 16R-30			\$ 83.400		1		328	328		
Disk Harrow 40-100hp 14’			\$ 24.600		3		1998	1998		
Plant & Pre-Rigid/Folding 12R-30			\$ 93.000		1		432	432		
Grain Drill 35’			\$ 117.000		1		555	555		
Fert Appl (Liquid) 12R-30			\$ 36.200		1		563	563		
Spray (Pull Type) 90’			\$ 70.400		1		508	508		
Combine (250-299 hp)			\$ 240.760		1		1656	1656		
Header Wheat/Sorghum 22’			\$ 11.682		1		1196	1196		

Header -Soybean 22'	\$ 26.314	1	460	460	
---------------------	-----------	---	-----	-----	--

Son senaryoda ise ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme opsiyonu değerlendirilmiştir. Bu senaryonun sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. Bu senaryodaki farklılıklar şöyledir:

- Ekin kararlarının içeriğinde bir değişiklik olmasa da verilen kararların tarlalar arası yer değiştirdiği görülmektedir. Tarlalar birbiriyle özdeş olduğu için bu değişikliğin bir önemi yoktur.
- Pamuk hasadı dışında bütün işlemler için ‘kendin yap’ kararı verilmiştir. Buna rağmen, buğday için seçilen operasyon planlarında hem gübrelemenin bağımsız yapıldığı hem de ekim işlemiyle birlikte yapıldığı durumlar olması dikkat çekicidir. Bu durumun bir sonucu olarak hem standart mibzer hem de gübreleme yapan mibzer satın alınmıştır.
- Önceki senaryolara kıyasla, çizel pulluğun ve kültivatörün ebadı 50 inçe çıkmış ve gübre serpme makinesinin adet sayısı 2’ye çıkmıştır. Yıllık kullanım kapasitelerinin aşılmaması için gübre serpme makinesini bir adette tutmak yerine makine adedini artırmıştır. Bu da gübreleme hizmetini diğer çiftliklere satmanın çok kârlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 21. 2000-4999 Akrilik Buğday Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı	Yıllar					
Gelirler		\$7.551.413		1	2	3	4	5	
Ekin		\$5.698.345	Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik		\$1.853.068				BGD 1		BGD 1	
Giderler		\$5.091.212		B	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0	PMK 0
Özel Çiftçilik		\$22.998				BGD 0	BGD 0	BGD 0	BGD 0
Sahip Olma		\$1.057.238		C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt		\$314.959				BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü		\$183.361	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$433.854			1	2	3	4	5
Gübre		\$1.837.477	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit		\$522.495				G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1	
Ekin		\$522.495		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas						G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Tohum		\$718.829		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr		\$2.460.202				G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi	Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır		1	2	3	4	5	
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0
						%50		%50	
Ekim/Dikim	100%			B	%0	%0	%0	%0	%0
Gübreleme	100%					%50	%50	%50	%50
Yabani Ot	100%			C	%50	%50	%50	%50	%50
Hasat	78%	22%				%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)				
					Toplam	İçeride	Dışarıda		
Tractor(200-249hp) MFWD 225			\$ 163.500	2	6000	3055	2945		
Chisel Plow-Folding 50’			\$ 113.000	1	184	92	92		
Field Cult & Inc 50’			\$ 105.000	1	390	205	185		
Cultivate 16R-30			\$ 83.400	1	633	328	305		
Disk Harrow 32’			\$ 87.500	1	684	343	341		
Plant – Folding 16R/24R-30			\$ 187.000	1	660	330	330		
Grain Drill 35’			\$ 117.000	1	516	258	258		
Grain Drill & Pre 35’			\$ 123.000	1	556	278	278		
Fert Appl (Liquid) 12R-30			\$ 36.200	2	953	501	452		
Spray (Pull Type) 90’			\$ 70.400	1	877	448	429		

Combine (300-349 hp)	\$ 279.760	1	2433	1215	1218
Header Wheat/Sorghum 30'	\$ 32.509	1	1622	811	811
Header -Soybean 30'	\$ 31.211	1	814	407	407

3.2.2. Mısır Çiftliği Senaryoları

Bu başlıkta, başlıca ekini mısır olan çiftlikler için analiz sonuçları verilmiştir. Senaryolar, farklı büyüklüklerdeki mısır çiftlikleri için alt başlıklara ayrılmıştır. Her bir alt başlıkta, sıfır/ikinci el makine ve özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme senaryoları incelenmiştir.

3.2.2.1. 180 – 499 Akre

180-499 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 180 ile 500 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 340 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 230,52 akre olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki bir mısır çiftliği için, sadece sıfır makinelerin değerlendirildiği ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği durumda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 22’de görüldüğü şekilde olur. İkinci el senaryosu ve özel çiftçilik hizmetinin verildiği senaryo analiz edildiğinde, sonuçların değişmediği görülmüştür. Bu yüzden, Tablo 22’de verilen sonuçlar, bu büyüklükteki mısır çiftliği için oluşturulan tüm senaryoları temsil etmektedir.

Modelin verdiği sonuçlara göre, 180-499 akre aralığındaki bir mısır çiftliği, finansal riskini en aza indirmek için mısırı A tarlasında ayçiçeği, sorgum ve buğday ile, B tarlasında mısır ile başlayarak soya fasulyesi ile ve C tarlasında soya fasulyesi ile başlayarak soya fasulyesi ile nöbetleşe üretmesi gerekir. 5 yıllık bir üretim planında 5 farklı ekin yetiştirmesine rağmen kârlı bir üretim yapması dikkat çekicidir. Bu durum aşağıdaki kararlarla açıklanabilir:

- A tarlasında nadaslı bir üretim planı seçilmiş ancak nadas zamanı herbisit maliyetinden kaçınmak için toprak işlemeli tohum ekimi yapılmıştır. B ve C tarlasında her yıl üretim yapılmış ancak tohum ekiminden önce oluşan yabancı otlar yine toprak işleme operasyonlarıyla temizlenmiştir. A tarlasındaki sorgum ve mısır üretimiyle B ve C tarlasındaki mısır üretiminde, ekim sonrası herbisit maliyetinden kaçınmak için yabancı otlar, sıra arası kültivasyon işlemiyle temizlenmiştir.

- B ve C tarlasında soya fasulyesi üretiminde, ekim öncesi toprak işleme kullanılsa da ekim sonrası yabancı ot temizlemek için herbisit kullanılmıştır. Bunun sebebi şöyle açıklanabilir: soya fasulyesi hem homojen tohum ekimi hem de sıra arası dikim yöntemleriyle ekilebildiğine göre herbisit kullanımı, homojen tohum ekiminin uygulandığını gösterir. Sıra arası dikim yapılırdı sıra arası kültivasyon işlemiyle yabancı otlar temizlenebilirdi. Bu da soya fasulyesi için homojen ekim işleminin özel çiftçilik hizmeti maliyetinin sıra arası dikim maliyetinden daha düşük olduğuna işaret eder.
- Baştan sona bütün operasyonların, makine/ekipman sahip olma yoluyla değil özel çiftçilik hizmeti satın alma yoluyla yaptırılması daha kârlı olmuştur.
- Sulama ile ilgili verilen kararlarda görülen farklılık, sulama kararının kârlılık üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. 3. Yıldaki sorgum ve 1.,3. Ve 5. Yıldaki mısır üretiminde sulama yapılmazken, diğer üretim planlarında sulama yapılmıştır. Yıllara göre farklılık gösteren durumlar, doğrudan bölgenin hava durumu verisiyle ilgilidir. Örneğin mısır, soya fasulyesiyle nöbetleşe üretildiği planlarda, 1.,3. Ve 5. Yıllarda sulanmamış üretilirken 2. Ve 4. Yılda sulanmış üretilmiştir. Ancak ayçiçeği, sorgum ve buğday ile nöbetleşe üretildiği 1. Ve 5. Yıllarda sulama yapılmıştır. Bu durum, sulama kararında sadece hava durumunun değil hangi ekinle nöbetleşe üretildiğinin de etkili olduğunu gösterir.
- Soya fasulyesi dışında tüm ekinlerin tohum ekim işlemi, gübreleme işlemiyle birlikte yapılmıştır. Makine/ekipman satın alınmadığı için, tohum ekimi ve gübreleme işlemleri için ayrı ayrı özel çiftçilik hizmeti satın alınmayarak bu maliyet kaleminden de tasarruf sağlanmıştır. Soya fasulyesi üretiminde homojen tohum ekim yöntemi kullanıldığından, homojen tohum ekiminin gübreleme işlemiyle beraber yapılmasının maliyetli olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 22. 180 – 499 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler		\$447.668			1	2	3	4	5
Ekin		\$447.668	Tarlalar	A	MSR 1	AYÇ 1	SRG 0		MSR 1
Özel Çiftçilik									BGD 1
Giderler		\$395.732		B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik		\$102.227							
Sahip Olma				C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt									
İşgücü			Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım					1	2	3	4	5
Gübre		\$166.315	Tarlalar	A	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit		\$34.451							G-1 Tİ-1
Ekin		\$34.451		B	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas									
Tohum		\$92.739		C	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr		\$51.936							
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%0	%50	%0		%0
									%50
Ekim/Dikim		100%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme		100%							
Yabani Ot		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Hasat		100%							

3.2.2.2. 500 – 999 Akre

500-999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 500 ile 1000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 750 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 508,5 akre olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki bir mısır çiftliği için, sadece sıfır makinelerin değerlendirildiği ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği durumda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 23’de görüldüğü şekilde olur. Bu büyüklükte diğer senaryolar için sonuç değişmediği için Tablo 23 tüm senaryoları temsil etmektedir.

Tablo 23. 500-999 Akrilik Mısır Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$987.503				1	2	3	4	5
Ekin	\$987.503		Tarlalar	A	MSR 1	AYÇ 1	SRG 0		MSR 1
Özel Çiftçilik									BGD 1
Giderler	\$886.853			B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik	\$239.416								
Sahip Olma				C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt									
İşgücü			Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım					1	2	3	4	5
Gübre	\$366.871		Tarlalar	A	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit	\$75.995								G-1 Tİ-1
Ekin	\$75.995			B	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$204.571			C	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$100.649								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%0	%50	%0		%0
									%50
Ekim/Dikim		100%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme		100%							
Yabani Ot		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Hasat		100%							

Modelin verdiği sonuçlara göre, 500-999 akre aralığındaki bir mısır çiftliği için, senaryo fark etmeksizin, 180-499 akre aralığındaki bir çiftlik ile aynı kararlar verildiği görülmektedir. Aradaki tek fark, ölçek ekonomisi gereği kârın 51,936 dolardan 100,649 dolara çıkmış olmasıdır.

3.2.2.3. 1000 – 1999 Akre

1000-1999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 1000 ile 2000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 1500 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 1017 akre olarak hesaplanmıştır. Bu çiftlik büyüklüğü için bütün senaryolar farklı sonuçlar verdiği için her bir senaryo sonucu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sadece sıfır

makineli ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 24’de görüldüğü şekilde olur.

Tablo 24. 1000-1999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Sıfır Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$1.975.005				1	2	3	4	5
Ekin	\$1.975.005		Tarlalar	A	MSR 1	AYÇ 1	SRG 0		MSR 1
Özel Çiftçilik									BGD 1
Giderler	\$1.809.808			B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik	\$514.933								
Sahip Olma				C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt									
İşgücü			Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım					1	2	3	4	5
Gübre	\$733.742		Tarlalar	A	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit	\$151.991								G-1 Tİ-1
Ekin	\$151.991			B	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$409.143			C	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$165.197								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%0	%50	%0		%0
									%50
Ekim/Dikim		100%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme		100%							
Yabani Ot		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Hasat		100%							

Modelin verdiği sonuçlara göre, 1000-1999 akre aralığındaki bir mısır çiftliği için, sıfır makinelerin sadece çiftlikte kullanıldığı senaryoda, önceki büyüklüklere kıyasla farklı bir karar verilmediği anlaşılmaktadır. Yine tek fark ölçek ekonomisi gereği kârlılığın artmasıdır.

İkinci bir senaryoda ise sıfır makinelerin hem çiftlik içerisindeki operasyonlarda hem de diğer çiftliklerde özel çiftçilik hizmeti vermek için değerlendirildiği durum gözlemlenmiştir. Bu senaryonun sonuçları Tablo 25’de verilmiştir. Buna göre:

- Ekin kararlarında, sadece A tarlasında bir değişiklik olmuştur. Bu tarlada 8 numaralı rotasyondan 13 numaralı rotasyona geçilmiştir. Yeni durumda üretime sulanmamış pamuk üretimiyle başlanır ve sulanmış mısır ile nöbetleşe devam eder. Bu senaryoda makine satın alımı daha uygun hâle geldiği ve 4 farklı ekinin üretildiği 8 numaralı rotasyonun ihtiyaç duyduğu makine çeşidi çok fazla olduğu için bu rotasyon değiştirilmiştir. Son durumda tüm üretim planları, sıra arası dikilen yaz ekinlerinden oluşmaktadır. Bu karar, ihtiyaç duyulan makinelerin çeşitliliğini azaltmaktadır.
- Satın alınan makineler içerisinde sıra arası işlem yapmayanlar, 32 inçlik diskaro ile 30/60 inçlik pülverizatördür. Tüm ekinler sıra arası dikilen ekin olmasına rağmen bu makinelerin seçilme sebebi, ekim/dikim öncesi işlemlerde kullanılmış olduğu şeklinde açıklanabilir. Tüm diskarolar toprak işleme aşamasında kullanılırken, pülverizatörler ekim öncesi ve sonrasında, gübreleme veya ilaçlama için kullanılabilir. Bu senaryoda ekim/dikim öncesi gübreleme işleminde kullanılırken ilaçlama işleminde kullanılmamıştır. Çünkü, ekim/dikim öncesi yabani otlarla mücadele yöntemi olarak mekanik yöntemler seçilmiştir.
- Tüm hasat işlemleri ‘özel yaptır’ kararıyla gerçekleşirken, yabani otla mücadele işlemlerinin %33’ü ‘özel yaptır’ kararıyla gerçekleşmiştir. Bu durum, sıra arası dikim sonrası yabani otla mücadele için kullanılan sıra arası pülverizatör makinesinin satın alınmamış olmasıyla açıklanabilir.

Tablo 25. 1000-1999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$2.321.614				1	2	3	4	5
Ekin	\$1.966.357		Tarlalar	A	PMK 0	MSR 1	PMK 0	MSR 1	PMK 0
Özel Çiftçilik	\$355.258								
Giderler	\$2.098.988			B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik	\$134.974								
Sahip Olma	\$490.701			C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt	\$83.881								
İşgücü	\$56.416		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$39.297				1	2	3	4	5
Gübre	\$725.850		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$118.091								
Ekin	\$118.091			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$449.778			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$222.626								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%0	%0	%0	%0
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%0	%50	%0	%50	%0
Yabani Ot	67%	33%							
Hasat		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet		Kullanım (Saat)		
							Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(200-249hp) MFWD 225			\$ 327.000		1		2535	1354	1181
Cultivate 8R-30			\$ 36.300		1		610	350	260
Disk Harrow 32’			\$ 87.500		1		323	168	155
Strip Till 12R-30/40			\$ 121.500		1		252	126	126
Plant – Rigid/Folding 12R-30			\$ 82.650		1		640	320	320
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold			\$ 14.980		1		250	125	125
Fert Appl (Liquid) 12R-30			\$ 36.200		1		465	270	195

Kalan iki senaryo türünden olan ikinci el makineli ve ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryolarında karşılaşılan sonuçlar Tablo 26 ve Tablo 27'de verilmiştir.

- Bir önceki senaryodan farklı olarak verilen kararlar, toprak işleme operasyonlarının %47'sinin özel yaptırılması kararıyla ilgilidir. Satın alınan makineler bakıldığında da şerit işleme makinesinin bu sefer satın alınmadığı görülmektedir. Bu yüzden özel yaptırılan işlemlerin şerit işleme operasyonları olduğu çıkarımı yapılabilir. Buna göre, şerit işleme makinesinin satın alınması kararında, ikinci el seçeneğine kıyasla özel çiftçilik hizmeti verme seçeneğinin daha etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 26. 1000-1999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (İkinci El Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler		\$1.966.357			1	2	3	4	5
Ekin		\$1.966.357	Tarlalar	A	PMK 0	MSR 1	PMK 0	MSR 1	PMK 0
Özel Çiftçilik									
Giderler		\$1.778.633		B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik		\$206.164							
Sahip Olma		\$159.910		C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt		\$47.400							
İşgücü		\$42.367	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$29.073			1	2	3	4	5
Gübre		\$725.850	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit		\$118.091							
Ekin		\$118.091		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum		\$449.778		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr		\$187.724							
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	53%	47%	Tarlalar	A	%0	%0	%0	%0	%0
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%0	%50	%0	%50	%0
Yabani Ot	67%	33%							
Hasat		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50

Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri					
Makine/Ekipman Modelleri	Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)		
			Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(160-179hp) MFWD 170	\$ 108.500	1	1896	1896	
Cultivate 6R-30	\$ 28.100	1	470	470	
Disk Harrow 14'	\$ 36.300	1	384	384	
Plant – Rigid 8R-30	\$ 53.600	1	480	480	
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold	\$ 14.980	1	125	125	
Fert Appl (Liquid) 6R-30	\$ 25.300	1	445	445	

Son senaryo olan ikinci el makineli özel çiftçilik hizmeti verme senaryosundaki sonuçlarda dikkat çekici hususlar şunlardır:

- Ekin, herbisit kullanımı ve operasyon planı tercihindeki durumlar bir önceki senaryoya aynı şekildedir. İkinci el makinelerle dışarıya özel çiftçilik hizmeti vermek, bu kararları bir önceki senaryodan daha da ekonomik hâle getirir.
- İşlemler ile ilgili kararlarda, bir önceki senaryodan farklı olarak, hasat işlemleri hariç tüm işlemlerin çiftçi tarafından yapıldığı görülmektedir. Hem ikinci el makinelerin hem de özel çiftçilik gelirinin olması 'kendin yap' kararını vermeyi daha mümkün kılmıştır. Daha önceden özel yaptırılan işlemler için alınması gereken bütün makinelerin satın alındığı görülmektedir. Bunlar, şerit işleme makinesi ve sıra arası pülverizatör olarak sayılabilir.
- Tüm makinelerde daha büyük traktör ve ekipmanların tercih edildiği görülmektedir. Bu durum, büyük makinelerle elde edilen işgücü, yakıt ve tamir/bakım maliyetlerindeki tasarrufun ve özel çiftçilik gelirlerinin, yüksek sahip olma maliyetlerini aştığına işaret etmektedir.

Tablo 27. 1000-1999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı	Yıllar					
Gelirler	\$2.337.631			1	2	3	4	5	
Ekin	\$1.966.357		Tarlalar	A	PMK 0	MSR 1	PMK 0	MSR 1	PMK 0
Özel Çiftçilik	\$371.274								
Giderler	\$1.946.893			B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik	\$118.871								
Sahip Olma	\$325.588			C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt	\$83.519								
İşgücü	\$57.136		Ekim Planı	Yıllar					
Tamir/Bakım	\$68.060			1	2	3	4	5	
Gübre	\$725.850		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$118.091								
Ekin	\$118.091			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$449.778			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$390.738								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi	Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır		1	2	3	4	5	
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%0	%0	%0	%0
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%0	%50	%0	%50	%0
Yabani Ot	100%								
Hasat		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)				
					Toplam	İçeride	Dışarıda		
Tractor(200-249hp) MFWD 225			\$ 163.500	1	2525	1334	1191		
Cultivate 12R-30			\$ 62.000	1	405	235	170		
Disk Harrow 32’			\$ 87.500	1	323	168	155		
Strip Till 12R-30/40			\$ 121.500	1	252	126	126		
Plant – Rigid/Folding 12R-30			\$ 82.650	1	640	320	320		
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold			\$ 14.980	1	250	125	125		
Spray (Direct/Hood/Layby) 12R-30			\$ 28.300	1	200	100	100		
Fert Appl (Liquid) 12R-30			\$ 36.200	1	465	270	195		

3.2.2.4. 2000 – 4999 Akre

2000-4999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 2000 ile 5000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 3500 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı

toplam 2373 akre olarak hesaplanmıştır. Bu çiftlik büyüklüğü için bütün senaryolar farklı sonuçlar verdiği için her bir senaryo sonucu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. En büyük çiftlik büyüklüğü senaryosunda, makine/ekipman satın alım kararlarının önceki senaryolardan daha esnek verildiği görülmüştür. Ekin, ekim ve herbisit kararlarında büyük bir değişiklik olmadığı için yorumlar, daha çok İşlemler ile ilgili kararlar ve makine/ekipman kararları üzerinden şekillenmiştir. Ölçek ekonomisinin bir sonucu olarak bu büyüklükteki buğday çiftliğinin tüm senaryolarında kârlılık seviyesi yükselmiştir. Sadece sıfır makineli ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 28’de görüldüğü şekilde olur.

Tablo 28. 2000-4999 Akrelik Mısır Çiftliği Planı (Sıfır Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar					
Gelirler		\$4.588.165			1	2	3	4	5	
Ekin		\$4.588.165		Tarlalar	A	PMK 0	MSR 1	PMK 0	MSR 1	PMK 0
Özel Çiftçilik										
Giderler		\$3.969.130			B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik		\$268.920								
Sahip Olma		\$467.106			C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt		\$98.893								
İşgücü		\$66.786		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$48.748				1	2	3	4	5
Gübre		\$1.693.650		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 1
Herbisit		\$275.545								
Ekin		\$275.545			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 1
Nadas										
Tohum		\$1.049.483			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ- 1
Kâr		\$619.035								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5	
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%0	%0	%0	%0	
Ekim/Dikim	100%									
Gübreleme	100%			B	%0	%50	%0	%50	%0	
Yabani Ot	67%	33%								
Hasat		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50	

Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri					
Makine/Ekipman Modelleri	Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)		
			Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(200-249hp) MFWD 225	\$ 327.000	1	2988	2988	
Cultivate 12R-30	\$ 62.000	1	545	545	
Disk Harrow 28'	\$ 76.200	1	445	445	
Strip Till 8R-38	\$ 71.400	1	343	343	
Plant – Rigid/Folding 12R-30	\$ 82.650	1	750	750	
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold	\$ 14.980	1	290	290	
Fert Appl (Liquid) 12R-30	\$ 36.200	1	625	625	

Sıfır makinelerin sadece çiftlik içerisinde değerlendirildiği senaryo sonuçlarına göre aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Yabani otla mücadele ve hasat işlemleri dışında tüm işlemler çiftçi tarafından yapılmıştır. Yabani otla mücadele işlemlerinin %67'si çiftçi tarafından yapılırken, kalan %33'lük kısım özel yaptırılmıştır. Sıra arası pülverizatör makinesinin satın alınmamış olması bu durumu açıklar. Hasat işlemleri için makine satın almak, ekonomik olarak mümkün hâle gelmemiştir.
- Önceki çiftlik büyüklüklerinden farklı olarak dikkat çeken bir durum, satın alınan makinelerin büyük olmasıdır. Makine alımının en maliyetli olduğu bu senaryoda büyük makinelerin satın alınmış olması, çiftlik büyüklüğünün bu karar üzerindeki büyük etkisini göstermektedir. Özel çiftçilik geliri olmasa dahi, küçük makinelerin bu büyüklükteki bir çiftlikte yaratacağı işgücü, yakıt ve tamir/bakım maliyetleri, büyük makinelere sahip olma maliyetinden daha fazladır.

Özel çiftçilik hizmeti verilmediği durumda, çok sayıda sıfır makine alınarak operasyonların büyük çoğunluğunun çiftçi tarafından yapıldığı görülmektedir. Sıfır makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryosunda ise yine kararların daha çok makine alma doğrultusunda değiştiği gözlemlenmiştir ve sonuçlar Tablo 29'da verilmiştir. Dikkat çekici değişiklikler aşağıdaki gibidir:

- Ekin planı, ekim planı ve herbisit seviyesi kararlarında herhangi bir değişiklik gözlemlenmezken, İşlemler ile ilgili kararlarda hasat işlemi harici tüm diğer işlemlerin çiftçi tarafından yapılmasına karar verilmiştir.

- İşlemler ile ilgili kararlarda ‘kendin yap’ kararının daha çok verilmiş olması, modeli daha çok makine almaya zorlamıştır. Kültivatör, diskaro ve şerit işleme makinesi alımında daha büyük makineler tercih edilirken iki farklı boyutta (8 sıralı ve 12 sıralı) gübre serpmek makinesi satın alındığı görülmektedir. Dikim makinesi satın alımında ise aynı boyuttan iki adet alınması kararı verilmiştir. Ekim/dikim öncesi homojen gübre/ilaç dağıtımı yapan pülverizatörün yanısıra dikim sonrası sıra arası ilaçlama yapan pülverizatör satın alınmıştır. Bu sayede tüm yabancı otla mücadele işlemleri çiftçi tarafından yapılabilmektedir.
- Ekipman sayısındaki artış, traktör sayısını da 2’ye çıkarmıştır. Bu ekipmanlar için, bir adet 190 beygirlik, bir adet de 225 beygirlik traktör yeterli olmuştur. Çok sayıda makine alım kararının, özel çiftçilik hizmetinden elde edilecek geliri artırmaya yönelik bir karar olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 29. 2000-4999 Akrilik Mısır Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu		Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$5.513.396			1	2	3	4	5
Ekin	\$4.588.165	Tarlalar	A	PMK 0	MSR 1	PMK 0	MSR 1	PMK 0
Özel Çiftçilik	\$925.230							
Giderler	\$4.517.724		B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik	\$231.347							
Sahip Olma	\$848.353		C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt	\$175.446							
İşgücü	\$132.274	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$111.626			1	2	3	4	5
Gübre	\$1.693.650	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$275.545							
Ekin	\$275.545		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas								
Tohum	\$1.049.483		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$995.671							

İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%0	%0	%0	%0
Ekim/Dikim	100%			B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme	100%								
Yabani Ot	100%			C	%50	%0	%50	%0	%50
Hasat		100%							
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(180-199hp) MFWD 190				\$ 274.000	1	3000	1437	1563	
Tractor(200-249hp) MFWD 225				\$ 327.000	1	2767	1505	1262	
Cultivate 16R-30				\$ 83.400	1	715	410	305	
Disk Harrow 42’				\$ 139.000	1	571	296	275	
Strip Till 12R-30/40				\$ 121.500	1	588	294	294	
Plant – Rigid/Folding 12R-30				\$ 82.650	2	1500	750	750	
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold				\$ 14.980	1	580	290	290	
Spray (Direct/Hood/Layby) 12R-30				\$ 28.300	1	450	225	225	
Fert Appl (Liquid) 8R-30				\$ 26.300	1	626	313	313	
Fert Appl (Liquid) 12R-30				\$ 36.200	1	750	377	373	

Özel çiftçilik hizmeti vermeden ikinci el makinelerle çiftliğin yürütüldüğü senaryonun sonuçları Tablo 30'da verilmiştir. Buna göre aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Ekin planı ve herbisit seviyesi kararlarında bir değişiklik olmazken, ekim planı kararlarında farklılıklar görülmektedir. A tarlasındaki pamuk-mısır rotasyonunda tüm ekim işlemleri, B ve C tarlasında ise mısır dikim işlemleri gübreli bir şekilde yapılmıştır. Bunun için 12 sıralı karıştırıcı dikim makinesi alınmıştır.
- Genel olarak modelin daha küçük traktör ve makinelerle operasyonları yürütme eğiliminde olduğu görülmektedir. Ancak önceki senaryolarda olduğu gibi, hasat işlemleri dışındaki tüm işlemler çiftçi tarafından yapılacak şekilde bu kararlar şekillenmiştir.
- Soya fasulyesi gübreli bir ekim planıyla üretilmediği için 20 inçlik standart mibzer satın alınmıştır. Dolayısıyla tüm soya fasulyesi üretimi sıra arası dikim metoduyla değil homojen tohum ekimi metoduyla üretilmiştir.

- Özel çiftçilik gelirinin olmayışı, makinelerin tam kapasite çiftlik içerisinde kullanılması yönünde kararların verilmesini yol açmıştır. Bu senaryoda bu durum, büyük makinelerin sahip olma maliyetinin, küçük makinelerin tamir/bakım, yakıt ve işgücü maliyetinden daha fazla olduğuna işaret eder.

Tablo 30. 2000-4999 Akrilik Mısır Çiftliği Planı (İkinci El)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$4.588.165				1	2	3	4	5
Ekin	\$4.588.165		Tarlalar	A	PMK 0	MSR 1	PMK 0	MSR 1	PMK 0
Özel Çiftçilik									
Giderler	\$3.807.690			B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik	\$231.347								
Sahip Olma	\$320.360			C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt	\$91.315								
İşgücü	\$76.277		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$69.713				1	2	3	4	5
Gübre	\$1.693.650		Tarlalar	A	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Herbisit	\$275.545								
Ekin	\$275.545			B	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$1.049.483			C	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$780.475								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%0	%0	%0	%0
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%0	%50	%0	%50	%0
Yabani Ot	100%								
Hasat		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(40-59hp) 2WD 50				\$ 19.320	1	888	888		
Tractor(200-249hp) MFWD 225				\$ 163.500	1	2563	2563		
Cultivate 12R-30				\$ 62.000	1	545	545		
Disk Harrow 40-100hp 14’				\$ 24.600	2	888	888		
Strip Till 8R-38				\$ 71.400	1	343	343		

Plant & Pre-Rigid/Folding 12R-30	\$ 60.450	1	540	540	
Grain Drill 20'	\$ 55.100	1	375	375	
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold	\$ 14.980	1	145	145	
Fert Appl (Liquid) 12R-30	\$ 36.200	1	625	625	

Son senaryoda ise ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme opsiyonu değerlendirilmiştir. Bu senaryonun sonuçları Tablo 31’de verilmiştir. Bu senaryoda öne çıkan detaylar şu şekildedir:

- Sıfır makine senaryolarında olduğu gibi, özel çiftçilik hizmeti verme senaryosunda model daha çok bağımsız operasyon yapma ve daha çok çeşitli makine alma eğiliminde olmuştur. Ekim planlarında, gübreleme ve toprak işleme operasyonları tümüyle ekim/dikim işlemlerinden bağımsız yapılmaktadır.
- Toplamda 12 farklı makine/ekipman türü satın alınmıştır. Özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda, aynı işlemler ile ilgili kararlar 9 farklı makine türüyle yapılabilirken bu senaryoda bu sayının 12’ye çıkması dikkat çekicidir. Model, makine çeşitliliğini artırarak, özel çiftçilik gelirlerinden mümkün olduğunca faydalanmaya çalışmıştır.

Tablo 31. 2000-4999 Akrilik Mısır Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)

Gelir/Gider Tablosu		Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$5.576.891			1	2	3	4	5
Ekin	\$4.588.165	Tarlalar	A	PMK 0	MSR 1	PMK 0	MSR 1	PMK 0
Özel Çiftçilik	\$988.725							
Giderler	\$4.302.881		B	MSR 0	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 0
Özel Çiftçilik	\$231.347							
Sahip Olma	\$584.787		C	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Yakıt	\$167.857							
İşgücü	\$123.664	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$176.549			1	2	3	4	5
Gübre	\$1.693.650	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$275.545							
Ekin	\$275.545		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas								
Tohum	\$1.049.483		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$1.274.009							

İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%0	%0	%0	%0
Ekim/Dikim	100%			B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme	100%				C	%50	%0	%50	%0
Yabani Ot	100%								
Hasat		100%							
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(180-199hp) MFWD 190				\$ 137.000	1	3000	1495	1505	
Tractor(200-249hp) MFWD 225				\$ 163.500	1	2563	2563		
Cultivate 8R-30				\$ 36.300	1	334	167	167	
Cultivate 16R-30				\$ 83.400	1	633	328	305	
Disk Harrow 42’				\$ 139.000	1	571	296	275	
Strip Till 12R-30/40				\$ 121.500	1	588	294	294	
Plant – Rigid/Folding 12R-30				\$ 82.650	1	300	150	150	
Plant – Folding 16R/24R-30				\$ 187.000	1	722	361	361	
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold				\$ 14.980	1	580	290	290	
Spray (Direct/Hood/Layby) 12R-30				\$ 28.300	1	450	225	225	
Fert Appl (Liquid) 8R-30				\$ 26.300	1	626	313	313	
Fert Appl (Liquid) 12R-30				\$ 36.200	1	750	377	373	

3.2.3. Ayçiçeği Çiftliği Senaryoları

Bu başlıkta, başlıca ekini ayçiçeği olan çiftlikler için analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Senaryolar, farklı büyüklüklerdeki ayçiçeği çiftlikleri için sıfır/ikinci el makine ve özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme seçenekleri altında analiz edilmiştir. Model, her bir senaryoda farklı kararlar vererek kârlılığını artırmaya çalışsa da hiçbir senaryoda kârlı bir üretim planının oluşmadığı görülmüştür. Modelin verdiği kararlar, çiftliğin uğradığı zararı düşürmeye yönelik verilmiştir. Bu yüzden ayçiçeği ürünü için, her bir senaryodaki planın detayları yerine senaryolar arasında değişen kâr/zarar durumu Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32. Ayçiçeği Çiftliği Senaryolarının Özeti

Senaryo	Çiftlik Büyüklüğü	Makine	Özel Çiftçilik Hizmeti	Kâr/Zarar
1	180 – 499 Acre	Sıfır	Yok	-\$149.403
2	180 – 499 Acre	Sıfır	Var	-\$149.403
3	180 – 499 Acre	İkinci El	Yok	-\$149.403
4	180 – 499 Acre	İkinci El	Var	-\$149.403
5	500 – 999 Acre	Sıfır	Yok	-\$350.825
6	500 – 999 Acre	Sıfır	Var	-\$350.825
7	500 – 999 Acre	İkinci El	Yok	-\$350.825
8	500 – 999 Acre	İkinci El	Var	-\$350.825
9	1000 – 1999 Acre	Sıfır	Yok	-\$743.514
10	1000 – 1999 Acre	Sıfır	Var	-\$684.406
11	1000 – 1999 Acre	İkinci El	Yok	-\$723.306
12	1000 – 1999 Acre	İkinci El	Var	-\$520.413
13	2000 – 4999 Acre	Sıfır	Yok	-\$1.630.228
14	2000 – 4999 Acre	Sıfır	Var	-\$920.439
15	2000 – 4999 Acre	İkinci El	Yok	-\$1.420.392
16	2000 – 4999 Acre	İkinci El	Var	-\$524.778

3.2.4. Soya Fasulyesi Çiftliği Senaryoları

Bu başlıkta, başlıca ekini soya fasulyesi olan çiftlikler için analiz sonuçları verilmiştir. Senaryolar, farklı büyüklüklerdeki soya fasulyesi çiftlikleri için alt başlıklara ayrılmıştır. Her bir alt başlıkta, sıfır/ikinci el makine ve özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme senaryoları incelenmiştir.

3.2.4.1. 180 – 499 Acre

180-499 acre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 180 ile 500 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 340 acre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 230,52 acre olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki bir soya fasulyesi çiftliği için, sadece sıfır makinelerin değerlendirildiği ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği durumda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 33’de görüldüğü şekilde olur. İkinci el senaryosu ve özel çiftçilik hizmetinin verildiği senaryo analiz edildiğinde, sonuçların değişmediği görülmüştür. Bu yüzden, Tablo 33’de verilen sonuçlar, bu büyüklükteki soya fasulyesi çiftliği için oluşturulan tüm senaryoları temsil etmektedir.

Modelin verdiği sonuçlara göre, 180-499 akre aralığındaki bir soya fasulyesi çiftliği, finansal riskini en aza indirmek için soya fasulyesini A tarlasında mısır ile, B tarlasında sorgum ile ve C tarlasında buğday ile aralıksız üretmesi gerekir. 5 yıllık bir üretim planında 4 farklı ekin yetiştirmesine rağmen kârlı bir üretim yapması dikkat çekicidir. Bu durum aşağıdaki kararlarla açıklanabilir:

- A ve B tarlasında her yıl bir üründen hasat alınırken C tarlasında her yıl 2 hasat alınmıştır. Çok sayıda üretimin, kârı artıran etkenlerden biri olduğu söylenebilir.
- Tüm işlemler özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yaptırılmıştır. Bu hizmetlerin sayısını azaltmak için gübreleme işlemi mısır, sorgum ve buğday ürünlerinin ekim/dikim işlemleriyle entegre bir şekilde yapılmıştır. Soya fasulyesi gübreye en az ihtiyaç duyan ekin olması sebebiyle ekim öncesi gübreleme yapılmamıştır.
- Mısır ve sorgum üretiminde herbisit maliyetlerinin sıfırlandığı ancak soya fasulyesi ve buğday üretiminde %50 seviyesinde olduğu görülmektedir. Herbisit kullanımının sıfırlanması ancak sıra arası kültivasyon işlemiyle mümkün olabileceği için soya fasulyesinin sıra arası dikim yöntemiyle değil homojen tohum ekimi yoluyla ekildiği anlaşılmaktadır. Modelin herbisit maliyetinden kaçınmak yerine bu yöntemi seçmiş olması dikkat çekicidir. Bu yüzden soya fasulyesi üretiminin sıra arası dikim ve kültivasyon yoluyla yapılmasının homojen ekim ve herbisit kullanılarak yapılmasından daha maliyetli olduğu söylenebilir.
- Tüm ekinlerin üretiminde sulama yapıldığı görülürken sadece buğdayın 2. Ve 5. Yılda sulanmamış şekilde üretildiği görülmektedir. Bu farklılaşma, soya fasulyesi, mısır ve sorgum ürünlerinde her zaman sulama yapmanın daha kârlı olduğunu gösterirken buğday üretiminde bu kararın hava durumu şartlarına göre verilmesi gerektiğine işaret eder.
- Soya fasulyesi, buğday hasadı sonrası hiç beklemeden ekildiği için yabancı ot oluşumuna fırsat vermemektedir. Bu yüzden soya fasulyesi, C tarlasında toprak işleme yapılmadan ekilmiştir. Buna rağmen bu üretimde herbisit kullanımının %50 olması, ekim sonrası yabancı otla mücadelede ilaçlama yönteminin kullanıldığına işaret eder.

Tablo 33. 180 – 499 Akrilik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$732.569				1	2	3	4	5
Ekin	\$732.569		Tarlalar	A	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Özel Çiftçilik									
Giderler	\$419.343			B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$107.763								
Sahip Olma				C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt						BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü			Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım					1	2	3	4	5
Gübre	\$164.224		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$69.446								
Ekin	\$69.446			B	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$77.910			C	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0
Kâr	\$313.226					G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%50	%0	%50	%0	%50
Ekim/Dikim		100%		B	%50	%0	%50	%0	%50
Gübreleme		100%							
Yabani Ot		100%		C	%50	%50	%50	%50	%50
Hasat		100%				%50	%50	%50	%50

3.2.4.2. 500 – 999 Akre

500-999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 500 ile 1000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 750 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 508,5 akre olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki bir soya fasulyesi çiftliği için, sadece sıfır makinelerin değerlendirildiği ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği durumda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 34’de görüldüğü şekilde olur. Bu büyüklük te diğer senaryolar için sonuç değişmediği için Tablo 34 tüm senaryoları temsil etmektedir.

Tablo 34. 500-999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$1.615.959				1	2	3	4	5
Ekin	\$1.615.959		Tarlalar	A	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Özel Çiftçilik									
Giderler	\$954.398			B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$267.090								
Sahip Olma				C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt						BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü			Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım					1	2	3	4	5
Gübre	\$362.259		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$153.189								
Ekin	\$153.189			B	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$171.859			C	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0
Kâr	\$661.562					G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%50	%0	%50	%0	%50
Ekim/Dikim		100%		B	%50	%0	%50	%0	%50
Gübreleme		100%							
Yabani Ot		100%		C	%50	%50	%50	%50	%50
Hasat		100%				%50	%50	%50	%50

Modelin verdiği sonuçlara göre, 500-999 akre aralığındaki bir soya fasulyesi çiftliği için, senaryo fark etmeksizin, 180-499 akre aralığındaki bir çiftlik ile aynı kararlar verildiği görülmektedir. Aradaki tek fark, ölçek ekonomisi gereği kârın 313.226 dolardan 661.562 dolara çıkmış olmasıdır.

3.2.4.3. 1000 – 1999 Akre

1000-1999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 1000 ile 2000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 1500 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 1017 akre olarak hesaplanmıştır. Bu çiftlik büyüklüğü için bütün senaryolar farklı sonuçlar verdiği için her bir senaryo sonucu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sadece sıfır

makineli ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 35’de görüldüğü şekilde olur.

Tablo 35. 1000-1999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Sıfır Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$3.231.918				1	2	3	4	5
Ekin	\$3.231.918		Tarlalar	A	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Özel Çiftçilik									
Giderler	\$1.963.912			B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$589.297								
Sahip Olma	\$0			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$0				BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0	
İşgücü	\$0		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$0				1	2	3	4	5
Gübre	\$724.518		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$306.378								
Ekin	\$306.378			B	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$343.719			C	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0	G-0 Tİ-0
Kâr	\$1.268.007				G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-1 Tİ-1	
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%50	%0	%50	%0	%50
Ekim/Dikim		100%							
Gübreleme		100%		B	%50	%0	%50	%0	%50
Yabani Ot		100%							
Hasat		100%		C	%50	%50	%50	%50	%50
					%50	%50	%50	%50	

Modelin verdiği sonuçlara göre, 1000-1999 akre aralığındaki bir soya fasulyesi çiftliği için, 180-499 ve 500-999 akre aralığındaki çiftlik büyüklükleri ile aynı kararlar verildiği görülmektedir. Aradaki tek fark, ölçek ekonomisi gereği kârın 1.268.007 dolara çıkmış olmasıdır.

Sıfır makinelerle özel çiftçilik hizmeti verilirse, makine satın alım kararının verilmeye başladığı Tablo 36’da görülmektedir. Bu senaryoda görülen değişiklikler aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

- Ekin planı, sulama kararları aynı kalırken ekim planında bütün ekim işlemlerinin toprak işlemeli yapıldığı görülmektedir. 24 inç genişliğinde satın alınan kültivatör bu durumu açıklar. Ancak toprak işleme operasyonlarının %11'inin özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yaptırılması, mısır üretimindeki şerit işleme operasyonunun farklı bir ekipman gerektirmesinden kaynaklanmaktadır.
- Herbisit kullanım seviyelerinde bir farklılık görülmezken yabancı otla mücadele işlemlerinin tamamının çiftçi tarafından yapıldığı görülmektedir. 30 inç genişliğindeki 6 sıra arası kültivatör ile 30/60 inç genişliğindeki pülverizatör satın alım kararı bu durumu açıklar.
- Ekim/dikim işlemlerinin tamamı çiftçi tarafından yapılmaktadır. Hem 20 inç genişliğindeki mibzerin hem de 30 inçlik 8 sıralı dikim makinesinin satın alınmış olması bu durumu açıklar.
- Gübreleme işlemlerinin %25'inin özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yaptırılmıştır. Sadece soya fasulyesi ve buğday gübrelemesinde kullanılan sıra arası gübreleme yapamayan pülverizatör satın alınmış olması bu durumu açıklar.

Tablo 36. 1000-1999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu		Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$3.455.195			1	2	3	4	5
Ekin	\$3.231.918	Tarlalar	A	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$223.277							
Giderler	\$2.143.166		B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$317.080							
Sahip Olma	\$288.277		C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$68.776				BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$65.495	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$28.923			1	2	3	4	5
Gübre	\$724.518	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$306.378							
Ekin	\$306.378		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas								
Tohum	\$343.719		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$1.312.029				G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1

İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	89%	11%	Tarlalar	A	%50	%0	%50	%0	%50
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	75%	25%		B	%50	%0	%50	%0	%50
Yabani Ot	100%								
				C	%50	%50	%50	%50	%50
Hasat		100%				%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(160-179hp) MFWD 170				\$ 217.000	1	2750	1489	1261	
Field Cultivate Fld 24’				\$ 42.100	1	485	362	123	
Cultivate 6R-30				\$ 28.100	1	382	191	191	
Plant – Rigid 8R-30				\$ 53.600	1	514	257	257	
Grain Drill 20’				\$ 55.100	1	704	352	352	
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold				\$ 14.980	1	676	338	338	

Kalan iki senaryo türünden olan ikinci el makineli ve ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryolarında karşılaşılan sonuçlar Tablo 37 ve Tablo 38'de verilmiştir.

- Bir önceki senaryodan farklı olarak verilen tek karar, gübreleme işlemlerinin tamamının çiftçi tarafından yapılmış olmasıdır. Pülverizatör ile birlikte 30 inçlik 6 sıralı sıra arası gübre serpici makinesinin satın alınmış olması bu durumu açıklar.

Tablo 37. 1000-1999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (İkinci El Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$3.231.918				1	2	3	4	5
Ekin	\$3.231.918		Tarlalar	A	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Özel Çiftçilik									
Giderler	\$1.954.648			B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$287.248								
Sahip Olma	\$180.982			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$42.729					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$40.186		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$28.888				1	2	3	4	5
Gübre	\$724.518		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$306.378								
Ekin	\$306.378			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$343.719			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$1.277.271					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	89%	11%	Tarlalar	A	%50	%0	%50	%0	%50
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%50	%0	%50	%0	%50
Yabani Ot	100%								
Hasat		100%		C	%50	%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)				
					Toplam	İçeride	Dışarıda		
Tractor(160-179hp) MFWD 170			\$ 108.500	1	1709	1709			
Field Cultivate Fld 24’			\$ 42.100	1	362	362			
Cultivate 6R-30			\$ 28.100	1	191	191			
Plant – Rigid 6R-30			\$ 40.400	1	172	172			
Grain Drill 20’			\$ 55.100	1	480	480			
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold			\$ 14.980	1	338	338			
Fert Appl (Liquid) 6R-30			\$ 25.300	1	178	178			

Son senaryo olan ikinci el makineli özel çiftçilik hizmeti verme senaryosundaki sonuçlarda dikkat çekici hususlar şunlardır:

- Standart 24 inçlik kültivatör ile birlikte karıştırıcı özelliği olan 24 inçlik bir kültivatör daha alınmıştır. Bu ekipman olmadan gübreleme işlemlerini tamamlayabileceği hâlde ayrıca bu ekipmanı satın almış olması, modelin özel çiftçilik gelirlerini artırmaya çalışmasıyla açıklanabilir. Ekipman çeşidini artırarak başka çiftliklere sunulan hizmet çeşitliliği artırılmıştır.
- 6 sıralı yerine 8 sıralı dikim makinesinin satın alınmış olması, yine özel çiftçilik gelirini artırmaya yönelik bir karardır. Çünkü bir önceki senaryoda çiftliğin ihtiyaç duyduğu dikim makinesi büyüklüğü 6 sıra olarak belirlenmiştir.
- Bu senaryodaki en dikkat çekici karar biçerdöver ve başlık satın alım karardır. Bu başlık sadece soya fasulyesi ve buğday hasadında kullanıldığı için hasat işlemlerinin sadece %89'u  ift i tarafından yapılmaktadır. Mısır ve sorgum hasadı için özel çiftçilik hizmeti satın alınmıştır.

Tablo 38. 1000-1999 Akrelik Soya Fasulyesi  iftliği Planı ( kinci El/ zel)

Gelir/Gider Tablosu		Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$3.814.758			1	2	3	4	5
Ekin	\$3.231.918	Tarlalar	A	SYF 1	MSR 1	SYF 1	MSR 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$582.839							
Giderler	\$2.336.256		B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$25.826							
Sahip Olma	\$514.074		C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$158.973				BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$96.159	Ekin Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$166.610			1	2	3	4	5
Gübre	\$724.518	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$306.378							
Ekin	\$306.378		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas								
Tohum	\$343.719		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$1.478.502				G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1

İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	89%	11%	Tarlalar	A	%50	%0	%50	%0	%50
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%50	%0	%50	%0	%50
Yabani Ot	100%								
				C	%50	%50	%50	%50	%50
Hasat	89%	11%				%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(160-179hp) MFWD 170				\$ 108.500	1	2957	1601	1356	
Field Cultivate Fld 24’				\$ 42.100	1	391	236	155	
Field Cult & Inc Fld 24’				\$ 47.900	1	274	137	137	
Cultivate 6R-30				\$ 28.100	1	382	191	191	
Plant – Rigid 8R-30				\$ 53.600	1	514	257	257	
Grain Drill 20’				\$ 55.100	1	704	352	352	
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold				\$ 14.980	1	528	264	264	
Fert Appl (Liquid) 6R-30				\$ 25.300	1	178	178		
Combine (400-449 hp)				\$ 292.240	1	1360	680	680	
Header – Draper 40’				\$ 56.168	1	1360	680	680	

3.2.4.4. 2000 – 4999 Acre

2000-4999 acre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 2000 ile 5000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 3500 acre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 2373 acre olarak hesaplanmıştır. Bu çiftlik büyüklüğü için bütün senaryolar farklı sonuçlar verdiği için her bir senaryo sonucu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. En büyük çiftlik büyüklüğü senaryosunda, makine/ekipman satın alım kararlarının önceki senaryolardan daha esnek verildiği görülmüştür. Ekin, ekim ve herbisit kararlarında büyük bir değişiklik olmadığı için yorumlar, daha çok işlemler ile ilgili kararlar ve makine/ekipman kararları üzerinden şekillenmiştir. Ölçek ekonomisinin bir sonucu olarak bu büyüklükteki soya fasulyesi çiftliğinin tüm senaryolarında kârlılık seviyesi yükselmiştir. Sadece sıfır makineli ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 39'da görüldüğü şekilde olur.

Tablo 39. 2000-4999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Sıfır Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar					
Gelirler		\$7.182.315			1	2	3	4	5	
Ekin		\$7.182.315		Tarlalar	A	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik										
Giderler		\$4.074.174			B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik		\$67.235								
Sahip Olma		\$755.310			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt		\$150.405					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü		\$134.039		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$83.847				1	2	3	4	5
Gübre		\$1.599.924		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit		\$659.773								
Ekin		\$659.773			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas										
Tohum		\$623.640			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr		\$3.108.141					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5	
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%50	%0	%50	%0	
Ekim/Dikim	100%									
Gübreleme	100%			B	%50	%0	%50	%0	%50	
Yabani Ot	74%	26%								
Hasat	100%			C	%50	%50	%50	%50	%50	
						%50	%50	%50	%50	
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri										
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)				
						Toplam	İçeride	Dışarıda		
Tractor(40-59hp) 2WD 50				\$ 34.500	1	1554	1554			
Tractor(160-179hp) MFWD 170				\$ 217.000	1	2834	2834			
Field Cult & Inc Fld 24’				\$ 47.900	1	265	265			
Disk Harrow 40-100hp 14’				\$ 24.600	2	1554	1554			
Plant – Rigid 8R-30				\$ 53.600	1	675	675			
Grain Drill 20’				\$ 55.100	1	750	750			
Spray (Band/Bcast/HB) 30’/60’ Fold				\$ 14.980	1	638	638			
Fert Appl (Liquid) 6R-30				\$ 25.300	1	520	520			
Combine (250-299 hp)				\$ 463.000	1	1748	1748			
Header Wheat/Sorghum 22’				\$ 19.800	1	828	828			
Header -Soybean 22’				\$ 44.600	1	920	920			

Sıfır makinelerin sadece çiftlik içerisinde değerlendirildiği senaryo sonuçlarına göre aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- A tarlasındaki ekin planı kararında değişiklik olmuştur. B tarlasındaki sorgum ile yapılan nöbet soya fasulyesi ile başlarken, A tarlasında aynı nöbetin sorgum ile başlayarak uygulandığı görülmektedir. Çiftliğin büyümesiyle makine alım kararının daha mümkün olduğu bu senaryoda, 5 yıl boyunca üretilen ekinlerin sayısı azaltılarak makine alım kararı daha kârlı bir hâle getirilmiştir.
- En dikkat çekici makine alım kararları biçerdöverlerle ve traktörlerle ilgilidir. Sorgum üretimi çoğaldığı için 22 inçlik buğday ve sorgum hasat eden başlık ve soya fasulyesi hasat eden başlık satın alınmıştır. Böylelikle tüm hasat işlemleri çiftçi tarafından yapılabilmektedir. Diğer satın alınan ekipmanların büyük çoğunluğu 170 beygirlik bir traktör gerektirirken 14 inç genişliğindeki diskaro sadece 50 beygirlik 2 çeker bir traktör gerektirmektedir. İki farklı traktör ihtiyacına rağmen bu ekipmanlarla iş yapmak daha kârlı olarak öne çıkmıştır. Dolayısıyla iki farklı boyutta traktöre sahip olunmuştur.

Özel çiftçilik hizmeti verilmediği durumda, çok sayıda sıfır makine alınarak operasyonların büyük çoğunluğunun çiftçi tarafından yapıldığı görülmektedir. Sıfır makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryosunda ise yine kararların daha çok makine alma doğrultusunda değiştiği gözlemlenmiştir ve sonuçlar Tablo 40'da verilmiştir. Dikkat çekici değişiklikler aşağıdaki gibidir:

- Ekin planı, ekim planı ve herbisit seviyesi kararlarında herhangi bir değişiklik gözlemlenmezken, işlemler ile ilgili kararlarda yabancı ot işlemlerinin daha düşük oranda (%68) çiftçi tarafından yapılmasına karar verilmiştir.
- Özel çiftçilik hizmeti verme senaryosu, daha büyük makineler almaya yol açmıştır. Bu durum, çiftlik içerisindeki işlemlerin daha kısa sürede bitirilerek zamandan edilen tasarrufun özel çiftçilik hizmeti için kullanılmasını sağlar.
- 170 beygirlik traktör 225 beygire, 24 inçlik kùltivatör 50 inçe, 8 sıralı dikim makinesi 16/24 sıralıya, 20 inçlik mibzer 35 inçe, 6 sıralı gübre serpicisi 12 sıralıya, 30/60 inçlik pùlverizatör 90 inçe, 275 beygirlik biçerdöver 325 beygire, 22 inçlik

biçerdöver başlıkları 30 inçe yükselmiştir. Büyüklüklerdeki ortalama artışın %100 oranında olduğu söylenebilir.

Tablo 40. 2000-4999 Akrilik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$8.404.780				1	2	3	4	5
Ekin	\$7.182.315		Tarlalar	A	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik	\$1.222.465								
Giderler	\$4.676.365			B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik	\$74.750								
Sahip Olma	\$1.142.239			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$226.420					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$153.840		Ekin Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$195.780				1	2	3	4	5
Gübre	\$1.599.924		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$659.773								
Ekin	\$659.773			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$623.640			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$3.728.414					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%50	%0	%50	%0
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%50	%0	%50	%0	%50
Yabani Ot	68%	32%							
Hasat	100%			C	%50	%50	%50	%50	%50
						%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet		Kullanım (Saat)		
							Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(40-59hp) 2WD 50			\$ 34.500		1		1800	1110	690
Tractor(200-249hp) MFWD 225			\$ 327.000		1		2982	1521	1461
Field Cult & Inc 50'			\$ 105.000		1		415	230	185
Disk Harrow 40-100hp 14'			\$ 24.600		2		1800	1110	690
Plant - Folding 16R/24R-30			\$ 187.000		1		600	300	300
Grain Drill 35'			\$ 117.000		1		750	387	363
Fert Appl (Liquid) 12R-30			\$ 36.200		1		750	377	373
Spray (Pull Type) 90'			\$ 70.400		1		480	240	240
Combine (300-349 hp)			\$ 538.000		1		2396	1283	1113

Header Wheat/Sorghum 30'	\$ 55.100	1	1216	608	608
Header -Soybean 30'	\$ 52.900	1	1180	675	505

Özel çiftçilik hizmeti vermeden ikinci el makinelerle çiftliğin yürütüldüğü senaryonun sonuçları Tablo 41'de verilmiştir. Buna göre aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Sıfır makineli senaryoyla kıyaslandığında bu senaryodaki tek farklılığın daha fazla ve daha büyük makineler satın alınarak bütün işlemlerin çiftçi tarafından yapılması yönünde olduğu görülmektedir.
- Kültivatör 24 inçten 32 inç, sıra arası kültivatör 6 sıralıdan 8 sıralıya, dikim makinesi 8 sıralıdan 12 sıralıya, gübre serpici 6 sıralıdan 8 sıralıya çıkmıştır. Büyüyen makinelerin traktör gücü ihtiyacı da arttığı için 170 beygirlik traktör yerine 190 beygirlik traktör alınmıştır.
- İkinci el makinelerle yapılan yeni plan doğrultusunda kâr, 3.108.141 dolardan 3.302.576 dolara, yani %6,26 artmıştır. Makine kararlarında büyük değişiklik yapılmasına rağmen kârın bu seviyede artmış olması dikkat çekicidir.

Tablo 41. 2000-4999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (İkinci El)

Gelir/Gider Tablosu		Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$7.182.315			1	2	3	4	5
Ekin	\$7.182.315	Tarlalar	A	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik								
Giderler	\$3.879.739		B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik								
Sahip Olma	\$528.345		C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$158.447				BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$130.930	Ekin Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$178.680			1	2	3	4	5
Gübre	\$1.599.924	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$659.773							
Ekin	\$659.773		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas								
Tohum	\$623.640		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$3.302.576				G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1

İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%50	%0	%50	%0
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%50	%0	%50	%0	%50
Yabani Ot	100%								
Hasat	100%			C	%50	%50	%50	%50	%50
						%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(40-59hp) 2WD 50				\$ 19.320	1	1554	1554		
Tractor(180-199hp) MFWD 190				\$ 137.000	1	2824	2824		
Field Cult & Inc Fld 32'				\$ 69.400	1	200	200		
Cultivate 8R-30				\$ 36.300	1	410	410		
Disk Harrow 40-100hp 14'				\$ 24.600	2	1554	1554		
Plant - Rigid/Folding 12R-30				\$ 82.650	1	450	450		
Grain Drill 20'				\$ 55.100	1	750	750		
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold				\$ 14.980	1	638	638		
Fert Appl (Liquid) 8R-30				\$ 26.300	1	390	390		
Combine (250-299 hp)				\$ 240.760	1	1748	1748		
Header Wheat/Sorghum 22'				\$ 11.682	1	828	828		
Header -Soybean 22'				\$ 26.314	1	920	920		

Son senaryoda ise ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme opsiyonu değerlendirilmiştir. Bu senaryonun sonuçları Tablo 42’de verilmiştir. Bu senaryoda öne çıkan detaylar şu şekildedir:

- Sıfır makine senaryolarında olduğu gibi, özel çiftçilik hizmeti verme senaryosunda model daha çok bağımsız operasyon yapma ve daha çok çeşitli makine alma eğiliminde olmuştur. Ekim planlarında, gübreleme ve toprak işleme operasyonları tümüyle ekim/dikim işlemlerinden bağımsız yapılmaktadır.
- Özel çiftçilik hizmeti verme senaryosu karar vericiyi daha büyük makineler almaya itmiştir. Çünkü büyük makineler, çiftlik içerisindeki işlemleri daha kısa sürede bitirerek zamandan edilen tasarrufun diğer çiftliklerden gelir elde etmek için kullanılmasını sağlar.
- 190 beygirlik traktör 225 beygire, 32 inçlik kültivatör 50 inçe, 8’li sıra arası kültivatör 16’ya, 12 sıralı dikim makinesi 16/24 sıralıya, 20 inçlik mibzer 35 inçe,

8 sıralı gübre serpici 12 sıralıya, 275 beygirlik biçerdöver 325 beygire, 22 inçlik biçerdöver başlıkları 30 inçe yükselmiştir.

Tablo 42. 2000-4999 Akrelik Soya Fasulyesi Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Mahsul Planı		Yıllar				
Gelirler	\$8.363.411				1	2	3	4	5
Mahsul	\$7.182.315		Tarlalar	A	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik	\$1.181.096								
Giderler	\$4.488.348			B	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Özel Çiftçilik									
Sahip Olma	\$799.004			C	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1	SYF 1
Yakıt	\$238.526					BGD 0	BGD 1	BGD 1	BGD 0
İşgücü	\$150.272		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$417.210				1	2	3	4	5
Gübre	\$1.599.924		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Herbisit	\$659.773								
Mahsul	\$659.773			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$623.640			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$3.875.062					G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0	%50	%0	%50	%0
Ekim/Dikim	100%								
Gübreleme	100%			B	%50	%0	%50	%0	%50
Yabani Ot	100%								
Hasat	100%			C	%50	%50	%50	%50	%50
						%50	%50	%50	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet		Kullanım (Saat)		
							Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(40-59hp) 2WD 50			\$ 19.320		1		1800	1110	690
Tractor(200-249hp) MFWD 225			\$ 163.500		1		3650	1963	1687
Field Cult & Inc 50'			\$ 105.000		1		260	130	130
Cultivate 16R-30			\$ 83.400		1		410	205	205
Disk Harrow 40-100hp 14'			\$ 24.600		2		1800	1110	690
Plant - Folding 16R/24R-30			\$ 187.000		1		540	270	270
Grain Drill 35'			\$ 117.000		1		860	430	430
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold			\$ 14.980		1		1000	638	362
Fert Appl (Liquid) 12R-30			\$ 36.200		1		580	290	290

Combine (300-349 hp)	\$ 279.760	1	2440	1372	1068
Header Wheat/Sorghum 30'	\$ 32.509	1	1214	607	607
Header -Soybean 30'	\$ 31.211	1	1226	765	461

3.2.5. Pamuk Çiftliği Senaryoları

Bu başlıkta, başlıca ekini pamuk olan çiftlikler için analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Senaryolar, farklı büyüklüklerdeki pamuk çiftlikleri için sıfır/ikinci el makine ve özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme seçenekleri altında analiz edilmiştir. Model, her bir senaryoda farklı kararlar vererek kârlılığını artırmaya çalışsa da son (16) senaryo hariç, hiçbir senaryoda kârlı bir üretim planının oluşmadığı görülmüştür. Son senaryoda oluşan kâr da çok düşük bir seviyede (\$8.277) olduğu için modelin verdiği plana göre üretim yapmak çok risklidir. Bu yüzden pamuk ürünü için, her bir senaryodaki planın detayları yerine senaryolar arasında değişen kâr/zarar durumu Tablo 43'de verilmiştir.

Tablo 43. Pamuk Çiftliği Senaryolarının Özeti

Senaryo	Çiftlik Büyüklüğü	Makine	Özel Çiftçilik Hizmeti	Kâr/Zarar
1	180 – 499 Acre	Sıfır	Yok	-\$128.187
2	180 – 499 Acre	Sıfır	Var	-\$128.187
3	180 – 499 Acre	İkinci El	Yok	-\$128.187
4	180 – 499 Acre	İkinci El	Var	-\$128.187
5	500 – 999 Acre	Sıfır	Yok	-\$260.089
6	500 – 999 Acre	Sıfır	Var	-\$259.428
7	500 – 999 Acre	İkinci El	Yok	-\$253.139
8	500 – 999 Acre	İkinci El	Var	-\$230.567
9	1000 – 1999 Acre	Sıfır	Yok	-\$491.570
10	1000 – 1999 Acre	Sıfır	Var	-\$363.237
11	1000 – 1999 Acre	İkinci El	Yok	-\$398.672
12	1000 – 1999 Acre	İkinci El	Var	-\$202.227
13	2000 – 4999 Acre	Sıfır	Yok	-\$782.642
14	2000 – 4999 Acre	Sıfır	Var	-\$335.288
15	2000 – 4999 Acre	İkinci El	Yok	-\$601.996
16	2000 – 4999 Acre	İkinci El	Var	\$8.277

3.2.6. Sorgum Çiftliği Senaryoları

Bu başlıkta, başlıca ekini sorgum olan çiftlikler için analiz sonuçları verilmiştir. Senaryolar, farklı büyüklüklerdeki sorgum çiftlikleri için alt başlıklara ayrılmıştır. Her bir alt başlıkta, sıfır/ikinci el makine ve özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme senaryoları incelenmiştir.

3.2.6.1. 180 – 499 Acre

180-499 acre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 180 ile 500 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 340 acre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 230,52 acre olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki bir sorgum çiftliği için, sadece sıfır makinelerin değerlendirildiği ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği durumda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 44’de görüldüğü şekilde olur. İkinci el senaryosu ve özel çiftçilik hizmetinin verildiği senaryo analiz edildiğinde, sonuçların değişmediği görülmüştür. Bu yüzden, Tablo 44’de verilen sonuçlar, bu büyüklükteki sorgum çiftliği için oluşturulan tüm senaryoları temsil etmektedir.

Modelin verdiği sonuçlara göre, 180-499 acre aralığındaki bir sorgum çiftliği, finansal riskini azaltarak üretim yapmak için sorgumu A tarlasında buğday ile, B tarlasında sorgumla başlayarak soya fasulyesi ile ve C tarlasında soya fasulyesi ile başlayarak nöbetleşe üretmesi gerekir. Modelin verdiği kararlar aşağıda açıklanmıştır:

- B ve C tarlasında her yıl bir üründen hasat alınırken A tarlası 2. ve 4. yılda nadasa bırakılmıştır.
- Tüm işlemler özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yaptırılmıştır. Bu hizmetlerin sayısını azaltmak için soya fasulyesi dışındaki ürünlerin ekim işlemleri, gübreleme işlemi ile entegre bir şekilde yapılmıştır. Soya fasulyesi gübreye en az ihtiyaç duyan ekin olması sebebiyle ekim öncesi gübreleme yapılmamıştır.
- Sorgum üretiminde herbisit maliyetlerinin sıfırlandığı ancak soya fasulyesi ve buğday üretiminde %50 seviyesinde olduğu görülmektedir. Herbisit kullanımının sıfırlanması ancak sıra arası kültivasyon işlemiyle mümkün olabileceği için soya fasulyesinin sıra arası dikim yöntemiyle değil homojen tohum ekimi yoluyla ekildiği anlaşılmaktadır. Modelin herbisit maliyetinden kaçınmak yerine bu yöntemi seçmiş olması dikkat çekicidir. Bu yüzden soya fasulyesi üretiminin sıra arası dikim ve kültivasyon yoluyla yapılmasının homojen ekim ve herbisit kullanılarak yapılmasından daha maliyetli olduğu söylenebilir.
- Tüm ekinlerin üretiminde sulama yapıldığı görülmektedir.

Tablo 44. 180 – 499 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler		\$469.925			1	2	3	4	5
Ekin		\$469.925	Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik						BGD 1		BGD 1	
Giderler		\$311.090		B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik		\$101.943							
Sahip Olma				C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt									
İşgücü			Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım					1	2	3	4	5
Gübre		\$135.392	Tarlalar	A	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit		\$34.451				G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1	
Ekin		\$34.451		B	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas									
Tohum		\$39.304		C	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr		\$158.835							
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%0		%0		%0
Ekim/Dikim		100%				%50		%50	
Gübreleme		100%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Yabani Ot		100%							
Hasat		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50

3.2.6.2. 500 – 999 Akre

500-999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 500 ile 1000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 750 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 508,5 akre olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki bir sorgum çiftliği için, sadece sıfır makinelerin değerlendirildiği ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği durumda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 45’de görüldüğü şekilde olur. Bu büyüklükte diğer senaryolar için sonuç değişmediği için Tablo 45 tüm senaryoları temsil etmektedir.

Tablo 45. 500-999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Tüm Senaryolar)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$1.036.599				1	2	3	4	5
Ekin	\$1.036.599		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik	\$0					BGD 1		BGD 1	
Giderler	\$713.710			B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik	\$252.356								
Sahip Olma				C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt	\$0								
İşgücü	\$0		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$0				1	2	3	4	5
Gübre	\$298.659		Tarlalar	A	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit	\$75.995					G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1	
Ekin	\$75.995			B	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$86.699			C	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$322.889								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%0		%0		%0
Ekim/Dikim		100%				%50		%50	
Gübreleme		100%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Yabani Ot		100%							
Hasat		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50

Modelin verdiği sonuçlara göre, 500-999 akre aralığındaki bir sorgum çiftliği için, senaryo fark etmeksizin, 180-499 akre aralığındaki bir çiftlik ile aynı kararlar verildiği görülmektedir. Aradaki tek fark, ölçek ekonomisi gereği kârın 158.835 dolardan 322.889 dolara çıkmış olmasıdır.

3.2.6.3. 1000 – 1999 Akre

1000-1999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 1000 ile 2000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 1500 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 1017 akre olarak hesaplanmıştır. Bu çiftlik büyüklüğü için bütün senaryolar farklı sonuçlar verdiği için her bir senaryo sonucu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sadece sıfır

makineli ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 46’da görüldüğü şekilde olur.

Tablo 46. 1000-1999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Sıfır Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$2.073.197				1	2	3	4	5
Ekin	\$2.073.197		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik						BGD 1		BGD 1	
Giderler	\$1.476.139			B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik	\$553.432								
Sahip Olma				C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt									
İşgücü			Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım					1	2	3	4	5
Gübre	\$597.318		Tarlalar	A	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit	\$151.991					G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1	
Ekin	\$151.991			B	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$173.399			C	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$597.058								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme		100%	Tarlalar	A	%0		%0		%0
						%50		%50	
Ekim/Dikim		100%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme		100%							
Yabani Ot		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Hasat		100%							

Modelin verdiği sonuçlara göre, 1000-1999 akre aralığındaki bir sorgum çiftliği için, 180-499 ve 500-999 akre aralığındaki çiftlik büyüklükleri ile aynı kararlar verildiği görülmektedir. Aradaki tek fark, ölçek ekonomisi gereği kârın 597.058 dolara çıkmış olmasıdır.

Sıfır makinelerle özel çiftçilik hizmeti verilirse, makine satın alım kararının verilmeye başladığı Tablo 47’de görülmektedir. Bu senaryoda görülen değişiklikler aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

- Ekin planı, sulama kararları aynı kalırken ekim planında bütün ekim işlemlerinin gübreleme işleminden bağımsız yapıldığı görülmektedir. 30/60 inç genişliğinde pülverizatör ile 6 sıralı gübre serpici satın alım kararları bu durumu açıklar. Bu kararlar sebebiyle gübreleme işlemlerinin tamamı çiftçi tarafından yapılmaktadır.
- Herbisit kullanım seviyelerinde bir farklılık görülmezken yabani otların mücadelesi işlemlerinin %73'ünün çiftçi tarafından yapıldığı görülmektedir. 30 inç genişliğindeki 6 sıra arası kültivatör ile 30/60 inç genişliğindeki pülverizatör satın alım kararı bu durumu açıklar. Bu satın alım kararlarına rağmen yabani otların mücadelesi işlemlerinin %27'sinin özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yaptırılmasının tek bir açıklaması olabilir: 'özel yaptır' seçeneğiyle yaptırılan işlemlerin maliyeti, bu makinelerin toplam kullanım seviyesini artırmak için katlanılacak tamir/bakım maliyetlerinden daha azdır. Diğer ekinlerde bu durum yaşanmasa da bu iki maliyetin kıyaslanmasının önemi sorgum üretiminde ortaya çıkmıştır.
- Ekim/dikim işlemlerinin %80'i çiftçi tarafından yapılmaktadır. 30 inçlik 8 sıralı dikim makinesinin satın alınmış olması bu durumu açıklar. Mibzer satın alınmadığı için buğday ekimi 'özel yaptır' kararıyla uygulanmıştır.

Tablo 47. 1000-1999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar					
Gelirler		\$2.255.138			1	2	3	4	5	
Ekin		\$2.073.197		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik		\$181.941					BGD 1		BGD 1	
Giderler		\$1.614.391			B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik		\$247.993								
Sahip Olma		\$279.946			C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt		\$71.383								
İşgücü		\$63.512		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$28.850				1	2	3	4	5
Gübre		\$597.318		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit		\$151.991					G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1	
Ekin		\$151.991			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	
Nadas										
Tohum		\$173.399			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	
Kâr		\$640.747								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5	
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0	
					%50		%50			
Ekim/Dikim	80%	20%		B	%0	%50	%0	%50	%0	
Gübreleme	100%									
Yabani Ot	73%	27%		C	%50	%0	%50	%0	%50	
Hasat		100%								
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri										
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet		Kullanım (Saat)			
							Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(160-179hp) MFWD 170			\$ 217.000		1		2856	1743	1113	
Chisel Plow-Rigid 15'			\$ 20.100		1		256	128	128	
Field Cultivate Fld 24'			\$ 42.100		1		443	320	123	
Cultivate 6R-30			\$ 28.100		1		682	376	306	
Plant - Rigid 8R-30			\$ 53.600		1		750	384	366	
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold			\$ 14.980		1		380	190	190	
Fert Appl (Liquid) 6R-30			\$ 25.300		1		357	357		

Kalan iki senaryo türünden olan ikinci el makineli ve ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryolarında karşılaşılan sonuçlar Tablo 48 ve Tablo 49'da verilmiştir.

- Bir önceki senaryodan farklı olarak verilen tek karar, buğday ekim işleminin gübreleme işlemiyle entegre yapılması kararıdır. Gübreleme işlemlerinde kullanılan pülverizatörün çiftlik içerisinde harcadığı zamanın 190 saatten 151 saate düşmesi bu durumu açıklar. Bu karar, pülverizatörün toplam kullanım seviyesini düşürdüğü için tamir/bakım maliyetinden tasarruf edilmiştir.

Tablo 48. 1000-1999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (İkinci El Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar					
Gelirler		\$2.073.197			1	2	3	4	5	
Ekin		\$2.073.197		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik							BGD 1		BGD 1	
Giderler		\$1.447.168			B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik		\$245.789								
Sahip Olma		\$167.185			C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt		\$43.398								
İşgücü		\$38.516		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$29.572				1	2	3	4	5
Gübre		\$597.318		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit		\$151.991					G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1	
Ekin		\$151.991			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	
Nadas										
Tohum		\$173.399			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	
Kâr		\$626.029								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5	
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0	
							%50		%50	
Ekim/Dikim	87%	13%		B	%0	%50	%0	%50	%0	
Gübreleme	100%									
Yabani Ot	67%	33%		C	%50	%0	%50	%0	%50	
Hasat		100%								
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri										
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)				
						Toplam	İçeride	Dışarıda		
Tractor(160-179hp) MFWD 170				\$ 108.500	1	1736	1736			
Chisel Plow-Rigid 15'				\$ 20.100	1	126	126			
Field Cultivate Fld 24'				\$ 42.100	1	320	320			
Cultivate 6R-30				\$ 28.100	1	376	376			
Plant - Rigid 8R-30				\$ 53.600	1	416	416			

Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold	\$ 14.980	1	151	151	
Fert Appl (Liquid) 6R-30	\$ 25.300	1	357	357	

Son senaryo olan ikinci el makineli özel çiftçilik hizmeti verme senaryosundaki sonuçlarda dikkat çekici hususlar şunlardır:

- Standart 24 inçlik kùltivatör ile birlikte karıştırıcı özelliği olan 24 inçlik bir kùltivatör daha alınmıştır. Ayrıca bu ekipmanı satın almış olması, modelin özel çiftçilik gelirlerini artırmaya çalışmasıyla açıklanabilir. Ekipman çeşidini artırarak başka çiftliklere sunulan hizmet çeşitliliği artırılmıştır.
- 6 sıralı yerine 8 sıralı dikim makinesinin satın alınmış olması, yine özel çiftçilik gelirini artırmaya yönelik bir karardır. Çünkü bir önceki senaryoda çiftliğin ihtiyaç duyduğu dikim makinesi büyüklüğü 6 sıra olarak belirlenmiştir.
- Makine satın alım kararlarındaki artış, işlemler ile ilgili kararların daha çok 'kendin yap' seçeneğiyle verilmesine yol açmıştır. Buna rağmen hasat işlemlerinin tamamı yine özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yaptırıldığı için biçerdöver sınıfından herhangi bir makine satın alınmamıştır.

Tablo 49. 1000-1999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)

Gelir/Gider Tablosu		Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$2.361.348			1	2	3	4	5
Ekin	\$2.073.197	Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik	\$288.151					BGD 1		BGD 1
Giderler	\$1.599.368		B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik	\$228.331							
Sahip Olma	\$239.780		C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt	\$81.110							
İşgücü	\$64.921	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$62.519			1	2	3	4	5
Gübre	\$597.318	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit	\$151.991					G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Ekin	\$151.991		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas								
Tohum	\$173.399		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$761.980							

İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0
					%50		%50		
Ekim/Dikim	87%	13%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme	100%								
Yabani Ot	100%			C	%50	%0	%50	%0	%50
Hasat		100%							
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(180-199hp) MFWD 190				\$ 137.000	1	2903	1473	1430	
Chisel Plow-Rigid 15'				\$ 20.100	1	256	128	128	
Field Cultivate Fld 24'				\$ 42.100	1	328	173	155	
Field Cult & Inc Fld 24'				\$ 47.900	1	322	161	161	
Cultivate 8R-30				\$ 36.300	1	540	280	260	
Plant - Rigid/Folding 12R-30				\$ 82.650	1	556	278	278	
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold				\$ 14.980	1	130	65	65	
Spray (Direct/Hood/Layby) 12R-30				\$ 28.300	1	276	138	138	
Fert Appl (Liquid) 8R-30				\$ 26.300	1	514	269	245	

3.2.6.4. 2000 – 4999 Akre

2000-4999 akre aralığındaki bir çiftliğin büyüklüğü, 2000 ile 5000 değerlerinin medyanı olduğu varsayımıyla 3500 akre olarak değerlendirilmiş ve bu çiftliğin ekili/dikili alanı toplam 2373 akre olarak hesaplanmıştır. Bu çiftlik büyüklüğü için bütün senaryolar farklı sonuçlar verdiği için her bir senaryo sonucu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. En büyük çiftlik büyüklüğü senaryosunda, makine/ekipman satın alım kararlarının önceki senaryolardan daha esnek verildiği görülmüştür. Ekin, ekim ve herbisit kararlarında büyük bir değişiklik olmadığı için yorumlar, daha çok işlemler ile ilgili kararlar ve makine/ekipman kararları üzerinden şekillenmiştir. Ölçek ekonomisinin bir sonucu olarak bu büyüklükteki sorgum çiftliğinin tüm senaryolarında kârlılık seviyesi yükselmiştir. Sadece sıfır makineli ve özel çiftçilik hizmetinin verilmediği senaryoda optimal planlama, modelde yer alan bütün kararlarla birlikte Tablo 50'de görüldüğü şekilde olur.

Tablo 50. 2000-4999 Akrilik Sorgum Çiftliği Planı (Sıfır Makine)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$4.837.460				1	2	3	4	5
Ekin	\$4.837.460		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik						BGD 1		BGD 1	
Giderler	\$3.347.221			B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik	\$784.291								
Sahip Olma	\$261.374			C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt	\$62.126								
İşgücü	\$57.584		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$28.862				1	2	3	4	5
Gübre	\$1.393.742		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit	\$354.645					G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1	
Ekin	\$354.645			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$404.597			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$1.490.239								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	72%	28%	Tarlalar	A	%0		%0		%0
Ekim/Dikim	67%	33%				%50		%50	
Gübreleme	83%	17%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Yabani Ot	33%	67%							
Hasat		100%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)				
					Toplam	İçeride	Dışarıda		
Tractor(160-179hp) MFWD 170			\$ 217.000	1	2486	2486			
Chisel Plow-Rigid 15'			\$ 20.100	1	294	294			
Field Cultivate Fld 24'			\$ 42.100	1	495	495			
Plant - Rigid 8R-30			\$ 53.600	1	750	750			
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold			\$ 14.980	1	435	435			
Fert Appl (Liquid) 6R-30			\$ 25.300	1	520	520			

Sıfır makinelerin sadece çiftlik içerisinde değerlendirildiği senaryo sonuçlarına göre aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Ekin ve ekim planı ile herbisit kullanım seviyeleriyle ilgili kararlarda hiçbir değişiklik görülmemektedir.

- İşlemler ile ilgili kararlara bakıldığında, hiçbir işlem türünün %100 oranında çiftçi tarafından yapılmadığı görülmektedir. Hasat işlemleri dışındaki işlemlerin bir kısmı çiftçi tarafından bir kısmı da özel çiftçilik hizmeti satın alınarak yapılmıştır.
- Çizel pulluk ve kültivatör satın alınarak yapılan işlemler, toprak işleme operasyonlarının %72'sini oluşturmaktadır. Geri kalan %28'lik kısım, makinelerin toplam kullanım seviyesini artırmamak için özel çiftçilik hizmetiyle yapılmıştır.
- Ekim/dikim işlemlerinin %67'si, 8 sıralı dikim makinesi alınarak yapılmıştır. Kalan %33'lük kısım ise mibzer gerektiren buğday ekimi işlemlerini temsil etmektedir.
- Hem pülverizatör hem de gübre serpici alınmasına rağmen gübreleme işlemlerinin %83'ünün bu makinelerle yapılması, toplam kullanım seviyesini aşağıda tutarak tamir/bakım maliyetlerinden tasarruf edildiğini göstermektedir.
- Yabani otla mücadelede kullanılabilecek tek satın alınmış makine pülverizatör iken yabani otla mücadele işlemlerinin sadece %33'ünün bu makineyle gerçekleştirilmesi, geri kalan %67'lik kısmının mekanik yöntemlerle yapıldığını göstermektedir.

Sıfır makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme senaryosunda, önceki senaryoya kıyasla kararların daha çok makine alma doğrultusunda değiştiği gözlemlenmiştir ve sonuçlar Tablo 51'de verilmiştir. Dikkat çekici değişiklikler aşağıdaki gibidir:

- Ekin planı, ekim planı ve herbisit seviyesi kararlarında herhangi bir değişiklik gözlemlenmezken, işlemler ile ilgili kararlarda daha çok 'kendin yap' seçeneği uygulanmıştır.
- En dikkat çekici kararlar, biçerdöver ile buğday, sorgum ve soya fasulyesi başlıklarının satın alım kararı olmuştur. Bu sayede tüm hasat işlemleri çiftçi tarafından yapılmaktadır.

- Bu senaryoda pülverizatör satın alınmadığı için gübreleme işlemlerinin %50'si, yabani otların mücadele işlemlerinin %47'si özel çiftçilik hizmetiyle yaptırılmıştır.
- Ekim/dikim işlemleri için sadece dikim makinesi satın alındığı için, buğday ekimini temsil eden %13'lük kısım özel çiftçilik hizmetiyle yaptırılmıştır.

Tablo 51. 2000-4999 Akrilik Sorgum Çiftliği Planı (Sıfır/Özel)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$6.008.006				1	2	3	4	5
Ekin	\$4.837.460		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik	\$1.170.547						BGD 1		BGD 1
Giderler	\$3.905.912			B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik	\$153.850								
Sahip Olma	\$1.156.827			C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt	\$194.831								
İşgücü	\$104.308		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$143.112				1	2	3	4	5
Gübre	\$1.393.742		Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit	\$354.645						G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Ekin	\$354.645			B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas									
Tohum	\$404.597			C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$2.102.095								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0
							%50		%50
Ekim/Dikim	87%	13%		B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme	50%	50%							
Yabani Ot	53%	47%		C	%50	%0	%50	%0	%50
Hasat	100%								
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri			Alım Fiyatı		Adet		Kullanım (Saat)		
							Toplam	İçeride	Dışarıda
Tractor(200-249hp) MFWD 225			\$ 327.000		1		3000	1592	1408
Chisel Plow-Folding 42'			\$ 88.600		1		214	107	107
Field Cult & Inc 50'			\$ 105.000		1		390	205	185
Cultivate 16R-30			\$ 83.400		1		633	328	305
Disk Harrow 42'			\$ 139.000		1		518	259	259

Plant - Folding 16R/24R-30	\$ 187.000	1	750	390	360
Fert Appl (Liquid) 12R-30	\$ 36.200	1	507	315	192
Combine (300-349 hp)	\$ 538.000	1	2000	1013	987
Header Wheat/Sorghum 30'	\$ 55.100	1	1354	677	677
Header -Soybean 30'	\$ 52.900	1	650	340	310

Özel çiftçilik hizmeti vermeden ikinci el makinelerle çiftliğin yürütüldüğü senaryonun sonuçları Tablo 52’de verilmiştir. Buna göre aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Sıfır makineli senaryoyla kıyaslandığında bu senaryodaki tek farklılığın daha fazla ve daha büyük makineler satın alınarak daha fazla işlemin çiftçi tarafından yapılması yönünde olduğu görülmektedir.
- Kültivatör 24 inçten 50 inç, dikim makinesi 8 sıralıdan 12 sıralıya, gübre serpici 6 sıralıdan 12 sıralıya çıkmıştır. Büyüyen makinelerin traktör gücü ihtiyacı da arttığı için 170 beygirlik traktör yerine 225 beygirlik traktör alınmıştır.
- Özel çiftçilik hizmeti verilmemesine rağmen biçerdöver sınıfından gerekli makinelerin satın alınarak hasat işlemlerinin tamamının çiftçi tarafından yapılması dikkat çekicidir.
- Gerekli makinelere sahip olunmasına rağmen işlemlerin toprak işleme sınıfında %6, ekim/dikim sınıfında %20 ve yabani ot sınıfında %7 ile gösterilen kısımlarının özel çiftçilik hizmetiyle yaptırıldığı görülmektedir. Bu karar sadece, ilgili makinelerin toplam kullanım seviyesini bir sınırdan tutarak tamir/bakım maliyetinden tasarruf etmek için yapıldığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 52. 2000-4999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (İkinci El)

Gelir/Gider Tablosu			Ekin Planı		Yıllar					
Gelirler		\$4.837.460			1	2	3	4	5	
Ekin		\$4.837.460		Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik								BGD 1		BGD 1
Giderler		\$3.131.562			B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik		\$66.444								
Sahip Olma		\$556.337			C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt		\$131.779								
İşgücü		\$79.834		Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım		\$144.184				1	2	3	4	5
Gübre		\$1.393.742		Tarlalar	A	G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Herbisit		\$354.645						G-1 Tİ-1		G-1 Tİ-1
Ekin		\$354.645			B	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1
Nadas										
Tohum		\$404.597			C	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-1 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr		\$1.705.898								
İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar					
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5	
Toprak İşleme	94%	6%	Tarlalar	A	%0		%0		%0	
							%50		%50	
Ekim/Dikim	80%	20%		B	%0	%50	%0	%50	%0	
Gübreleme	100%									
Yabani Ot	93%	7%		C	%50	%0	%50	%0	%50	
Hasat	100%									
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri										
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)				
						Toplam	İçeride	Dışarıda		
Tractor(200-249hp) MFWD 225				\$ 163.500	1	2359	2359			
Chisel Plow-Rigid 20'				\$ 13.400	1	246	246			
Field Cultivate Fld 50'				\$ 95.700	1	333	333			
Cultivate 16R-30				\$ 83.400	1	328	328			
Plant & Pre-Rigid/Folding 12R-30				\$ 93.000	1	432	432			
Grain Drill 20'				\$ 55.100	1	300	300			
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold				\$ 14.980	1	232	232			
Fert Appl (Liquid) 12R-30				\$ 36.200	1	501	501			
Combine (250-299 hp)				\$ 240.760	1	1380	1380			
Header Wheat/Sorghum 22'				\$ 11.682	1	920	920			
Header -Soybean 22'				\$ 26.314	1	460	460			

Son senaryoda ise ikinci el makinelerle özel çiftçilik hizmeti verme opsiyonu değerlendirilmiştir. Bu senaryonun sonuçları Tablo 53’de verilmiştir. Bu senaryoda öne çıkan detaylar şu şekildedir:

- Bu senaryoda model, daha çok bağımsız operasyon yapma ve daha çok çeşitli makine alma eğiliminde olmuştur. Ekim planlarında, gübreleme ve toprak işleme operasyonları tümüyle ekim/dikim işlemlerinden bağımsız yapılmaktadır.
- 190 ve 225 beygir gücünde 2 traktör, 3 farklı toprak işleme ekipmanı, 2 farklı ekim/dikim makinesi, 2 farklı pülverizatör, 1 gübre serpici, 1 biçerdöver ve 2 farklı biçerdöver başlığı ile tüm işlemlerin çiftçi tarafından yapılması mümkün hâle gelmiştir.

Tablo 53. 2000-4999 Akrelik Sorgum Çiftliği Planı (İkinci El/Özel)

Gelir/Gider Tablosu		Ekin Planı		Yıllar				
Gelirler	\$6.212.449			1	2	3	4	5
Ekin	\$4.837.460	Tarlalar	A	SRG 1		SRG 1		SRG 1
Özel Çiftçilik	\$1.374.989				BGD 1		BGD 1	
Giderler	\$3.760.991		B	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1
Özel Çiftçilik								
Sahip Olma	\$896.670		C	SYF 1	SRG 1	SYF 1	SRG 1	SYF 1
Yakıt	\$240.696							
İşgücü	\$144.453	Ekim Planı		Yıllar				
Tamir/Bakım	\$326.190			1	2	3	4	5
Gübre	\$1.393.742	Tarlalar	A	G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1
Herbisit	\$354.645				G-0 Tİ-1		G-0 Tİ-1	
Ekin	\$354.645		B	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Nadas								
Tohum	\$404.597		C	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1	G-0 Tİ-1
Kâr	\$2.451.457							

İşlemler ile İlgili Kararlar			Herbisit Seviyesi		Yıllar				
	Kendin Yap	Özel Yaptır			1	2	3	4	5
Toprak İşleme	100%		Tarlalar	A	%0		%0		%0
					%50		%50		
Ekim/Dikim	100%			B	%0	%50	%0	%50	%0
Gübreleme	100%								
Yabani Ot	100%			C	%50	%0	%50	%0	%50
Hasat	100%								
Sahip Olunan Makine/Ekipman Bilgileri									
Makine/Ekipman Modelleri				Alım Fiyatı	Adet	Kullanım (Saat)			
						Toplam	İçeride	Dışarıda	
Tractor(180-199hp) MFWD 190				\$ 137.000	1	1740	786	954	
Tractor(200-249hp) MFWD 225				\$ 163.500	1	2874	1553	1321	
Chisel Plow-Folding 50'				\$ 113.000	1	184	92	92	
Field Cult & Inc 50'				\$ 105.000	1	390	205	185	
Cultivate 16R-30				\$ 83.400	1	633	328	305	
Disk Harrow 42'				\$ 139.000	1	518	259	259	
Plant - Folding 16R/24R-30				\$ 187.000	1	720	360	360	
Grain Drill 20'				\$ 55.100	1	456	228	228	
Spray (Band/Bcast/HB) 30'/60' Fold				\$ 14.980	1	412	206	206	
Spray (Direct/Hood/Layby) 12R-30				\$ 28.300	1	362	181	181	
Fert Appl (Liquid) 12R-30				\$ 36.200	2	960	501	459	
Combine (300-349 hp)				\$ 279.760	1	2030	1013	1017	
Header Wheat/Sorghum 30'				\$ 32.509	1	1354	677	677	
Header -Soybean 30'				\$ 31.211	1	680	340	340	

3.3. POLİTİKA ÖNERİLERİ

Özel işlemlerli çiftlik planlama modeli, tek bir çiftliğin planlaması için mikro düzeyde kullanılabileceği gibi devletlerin tarım politikalarını şekillendirmek için makro düzeyde kullanılabilir. Modelin test edildiği bölgede elde edilen farklı senaryo analizi sonuçları, Kansas eyaleti için tarım politikaları geliştirmeye yardımcı olabilir. Yeterli verilere sahip olduğunda aynı yaklaşım, herhangi bir ülkenin tarım politikalarını geliştirmek için kullanılabilir. Çalışmada analiz edilen senaryoların sonuçlarından yola çıkılarak, her bir tarım ürünü için aşağıdaki öneriler yapılabilir:

Tüm Çiftçiler İçin

- Kimyasal kullanımının ekonomik ve çevresel zararlarının anlatıldığı ve kimyasal kullanımını en aza indirmek için analizin seçmiş olduğu operasyon planlarının çiftçilere öğretildiği, her bir tarım ürününe özel eğitimler hazırlanmalıdır.

- Tarım ürünlerine özel hazırlanan eğitimlerde, analizin vermiş olduğu kararlara göre hangi yıllarda sulama yapılıp yapılmaması gerektiği de öğretilmelidir.
- Özellikle 180 – 499 ve 500 – 999 akre aralığındaki küçük çiftlik sahiplerinin, ‘makinesiz çiftçi’ ödeneği hazırlanarak, makinelere sahip olmadan üretim yapmalarını teşvik etmek için devlet desteği verilmelidir.

Buğday Üreticileri İçin

- Çiftlik büyüklüğü fark etmeksizin tüm buğday üreticilerinin, tarlalarının üçte birinde sorgum ile nadas bırakarak, üçte birinde pamuk ile aralıksız ve kalan üçte birinde soya fasulyesi ile aralıksız nöbetleşe üretim modellerini uygulamaları gerektiği zorunlu eğitimlerle anlatılmalıdır.
- 180 – 499 Akre aralığındaki küçük çiftçiler, hiçbir makineye sahip olmamaları gerektiği hususunda eğitilmelidir.
- 500 – 999 Akre aralığındaki çiftçiler, hasat işlemleri dışındaki işlemlerini makinelere sahip olarak yapmanın tek yolunun ikinci el makinelerle başka çiftliklere özel çiftçilik hizmeti vermek olduğu hususunda eğitilmelidir.
- 1000 – 1999 Akre aralığındaki çiftçiler, sıfır makine satın aldıklarında özel çiftçilik hizmeti vermeden üretim yapmamaları gerektiği hususunda eğitilmelidir.
- 2000 – 4999 Akre aralığındaki büyük çiftçiler, pamuk hasadı dışında tüm işlemleri kendi makineleriyle yapmaları gerektiği hususunda eğitilmelidir. Ayrıca sahip oldukları makinelerle özellikle küçük çiftçilere özel çiftçilik hizmeti vermelerinin hem onlar için hem de küçük çiftçiler için daha kârlı olduğu anlatılarak teşvik edilmelidir.

Mısır Üreticileri İçin

- 180 – 499 ve 500 – 999 akre aralığındaki mısır çiftçileri her koşulda, 1000 – 1999 Akre aralığındaki çiftçiler ise hiçbir makineye sahip olmadan üretim yapacaksa, tarlalarının üçte birinde ayçiçeği, sorgum ve buğdayla, üçte birinde mısır ile başlayarak soya fasulyesiyle ve kalan üçte birinde soya fasulyesi ile başlanan

nöbetleşe üretim modellerini uygulamaları gerektiği zorunlu eğitimlerle anlatılmalıdır.

- 1000 – 1999 ve 2000 – 4999 akre aralığındaki mısır çiftçileri tarla işlemlerinin çoğunu kendi makineleriyle yapacaklarsa tarlalarının üçte birinde pamukla, üçte birinde mısır ile başlayarak soya fasulyesiyle ve kalan üçte birinde soya fasulyesi ile başlanan nöbetleşe üretim modellerini uygulamaları gerektiği zorunlu eğitimlerle anlatılmalıdır.
- 180 – 499 ve 500 – 999 akre aralığındaki küçük çiftçiler, hiçbir makineye sahip olmamaları gerektiği hususunda eğitilmelidir.
- 1000 – 1999 ve 2000 – 4999 akre aralığındaki büyük çiftçiler, hasat işlemleri dışında işlemlerin çoğunu kendi makineleriyle yapmaları gerektiği hususunda eğitilmelidir. Ayrıca sahip oldukları makinelerle, özellikle küçük çiftçilere özel çiftçilik hizmeti vermelerinin hem onlar için hem de küçük çiftçiler için daha kârlı olduğu anlatılarak teşvik edilmelidir.

Ayçiçeği Üreticileri İçin

- Herhangi bir koşulda ayçiçeğinin başlıca ürün olarak üretilmesinin kârlı bir iş olmadığı, çiftçilere zorunlu eğitimlerle anlatılmalıdır. Diğer ürünlere geçiş yapmaları devlet destekleriyle teşvik edilmelidir. Ürünlerinin içerisinde ayçiçeği olmasını isteyen çiftçiler, mısır üreticiliğine yönlendirilmelidir.

Soya Fasulyesi Üreticileri İçin

- 180 – 499, 500 – 999 ve 1000 – 1999 akre aralığındaki soya fasulyesi çiftçileri her koşulda, tarlalarının üçte birinde mısır, üçte birinde sorgum ve kalan üçte birinde buğday ile aralıksız nöbetleşe üretim modellerini uygulamaları gerektiği zorunlu eğitimlerle anlatılmalıdır.
- 2000 – 4999 akre aralığındaki soya fasulyesi çiftçileri tarlalarının üçte birinde sorgumla, üçte birinde soya fasulyesi ile başlayarak sorgumla ve kalan üçte birinde buğdayla nöbetleşe üretim modellerini uygulamaları gerektiği zorunlu eğitimlerle anlatılmalıdır.

- 180 – 499 ve 500 – 999 akre aralığındaki küçük çiftçiler, hiçbir makineye sahip olmamaları gerektiği hususunda eğitilmelidir.
- 1000 – 1999 akre aralığındaki çiftçiler, sıfır makinelere sahip olmaları durumunda özel çiftçilik hizmeti vermeleri gerektiği hususunda eğitilmelidir.
- 1000 – 1999 ve 2000 – 4999 akre aralığındaki büyük çiftçiler, işlemlerin büyük çoğunluğunu kendi makineleriyle yapmaları gerektiği hususunda eğitilmelidir. Ayrıca sahip oldukları makinelerle, özellikle küçük çiftçilere özel çiftçilik hizmeti vermelerinin hem onlar için hem de küçük çiftçiler için daha kârlı olduğu anlatılarak teşvik edilmelidir.

Pamuk Üreticileri İçin

- Herhangi bir koşulda pamuğun başlıca ürün olarak üretilmesinin kârlı bir iş olmadığı, çiftçilere zorunlu eğitimlerle anlatılmalıdır. Diğer ürünlere geçiş yapmaları devlet destekleriyle teşvik edilmelidir. Ürünlerinin içerisinde pamuk olmasını isteyen çiftçiler, buğday veya mısır üreticiliğine yönlendirilmelidir.

Sorgum Üreticileri İçin

- Çiftlik büyüklüğü fark etmeksizin tüm sorgum üreticilerinin, tarlalarının üçte birinde buğday ile nadas bırakarak, üçte birinde sorgumla başlayarak soya fasulyesi ile ve kalan üçte birinde soya fasulyesi ile başlanan nöbetleşe üretim modellerini uygulamaları gerektiği zorunlu eğitimlerle anlatılmalıdır.
- 180 – 499 ve 500 – 999 akre aralığındaki küçük çiftçiler, hiçbir makineye sahip olmamaları gerektiği hususunda eğitilmelidir.
- 1000 – 1999 akre aralığındaki çiftçiler, sıfır makinelere sahip olmaları durumunda özel çiftçilik hizmeti vermeleri gerektiği hususunda eğitilmelidir.
- 1000 – 1999 ve 2000 – 4999 akre aralığındaki büyük çiftçiler, hasat dışındaki işlemlerin büyük çoğunluğunu kendi makineleriyle yapmaları gerektiği hususunda eğitilmelidir. Ayrıca sahip oldukları makinelerle, özellikle küçük

Çiftçilere zel çiftçilik hizmeti vermelerinin hem onlar için hem de küçük çiftçiler için daha kârlı olduğu anlatılarak teğvik edilmelidir.

- 2000 – 4999 akre aralığındaki büyük çiftçiler, hasat iğlemlerini kendi makineleriyle yapmalarının ancak ikinci el makinelere sahip olurlarsa ya da sahip oldukları makinelerle özel çiftçilik hizmeti verirlerse kârlı olabileceği, düzenlenen zorunlu eğitimlerde anlatılmalıdır.



SONUÇ

Bir çiftlikte hangi ürünleri üretirken hangi kaynakların ne seviyede kullanılacağına karar vermek, çiftliğin kârlılığı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bu üretim planının hangi operasyonlarla gerçekleştirileceği ile doğrudan ilişkili olan makine seçimi, makine kullanım seviyesi belirleme gibi sermaye yoğun kararlarla birlikte yapılan bütünsel çiftlik planlama hem çok karmaşık hem de oldukça etkili sonuçları olan zor bir süreçtir. Özellikle pestisit ve herbisit gibi tarımda kullanılan kimyasalların insan sağlığını tehdit ettiği gerçeğinin dünya genelinde yaygın bir endişe yaratması, organik çiftçilik anlayışının bu planlamaya dahil edilmesini zorunlu kılarak süreci çok daha karmaşık ve insan sezgileriyle çözülmesi daha zor bir hâle getirmiştir. Dolayısıyla bu sürecin hem ekonomik anlamda sürdürülebilir yönetilebilmesi için karar alma sürecinde kullanılan sayısal yöntemlerin sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

Tarımda yöneylem araştırması literatüründe geliştirilen modellerin genellikle bir karar alanında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu modellerde üretilecek ekin ile ilgili kararlar daha çok ekonomik kaygılarla verildiği varsayımıyla oluşturulduğu için 1-2 yıllık planlama ufkuna sahip olmuştur. Öte yandan makine seçimi gibi kararlar stratejik olduğu için ekin seçiminden bağımsız değerlendirilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen modelde ekin kararları, sürdürülebilir tarım çerçevesinde değerlendirildiğinde stratejik bir karara dönüşmesi sebebiyle, makine seçim kararlarıyla birlikte değerlendirilmiştir. Ayrıca makine satın alarak kendi işini kendi yapma metoduna alternatif olan ‘özel çiftçilik’ metodu, bir karar grubu olarak modele yerleştirilmiştir. Bu sayede yüksek maliyetli tarım makinelerini satın almanın uygun olmadığı durumlarda çözüm üreten bir model elde edilmiştir. Modelde verilen kararlar şu şekilde sıralanabilir: (1) nöbetleşe üretim planı seçimi, (2) seçilen üretim planının hangi yıllarında sulama yapılıp yapılmayacağı kararı, (3) seçilen üretim planını gerçekleştirecek operasyon dizisi tercihi, (4) herbisit kullanım seviyesi, (5) seçilen operasyon dizisindeki her bir işlem için ‘kendin yap’ ya da ‘dışarıya yaptır’ kararı, (6) ‘kendin yap’ kararı verilen işlemler için gerekli olan makine/ekipman model seçimi, (7) ‘dışarıya yaptır’ kararı verilen işlemler için gerekli olan ‘özel çiftçilik hizmeti’ seçimi, (8) seçilen makine/ekipman modellerinin adedi, (9) seçilen makine/ekipman modellerinin toplamda ve her yıl çiftlik içinde ve dışında kaç saat kullanılacağı kararı.

Sunulan model, bir coğrafi bölgeye özgü özellikler taşımayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede modelin talep ettiği veriler var olduğu takdirde, herhangi bir coğrafi bölgede uygulanabilecektir. Modelin test edilmesi için seçilen bölge, modelin ihtiyacı olan verilerin en uygun olduğu yer olması gerekçesiyle, ABD'nin Kansas eyaletindeki Pratt bölgesidir. Uygulamada başlıca tarım ürünü, çiftlik büyüklüğü, sıfır/ikinci el makine, özel çiftçilik hizmeti verme/vermeme durumlarına göre oluşturulan 96 senaryo analiz edilmiştir. Senaryo analizleri sonucunda hem tüm çiftlikler için genel hem de tarım ürününe göre özel politikalar önermek mümkün olmuştur. Bu politikalar çiftçilerin, hangi tarım ürünlerini nöbetleşe olarak, hangi yöntemlerle ve makine olarak veya almayarak üreteceklerine dair eğitim programları ve devlet desteklerini içermektedir. Dolayısıyla bütünsel çiftlik planlama modeliyle önerilen politikalar çevresel açıdan sürdürülebilir bir tarımsal üretimi iktisadi olarak mümkün kılması beklenen özelliklere sahiptir. Bu yüzden her ülkenin, tarım sektöründe büyük veri sistemleri oluşturması ve geliştirmesi çok önemlidir. Özellikle pazarda ulaşılabilir olan tarım makinelerine dair detaylı bilgiler ve özel çiftçilik hizmet bedelleriyle ilgili bilgiler kayıt altına alınmalıdır. Gerekğinde yetkili kurumlar, bu bedeller konusunda fiyat belirleyici rol üstlenmelidir.

Tarım sektöründe giderek artan ekonomik sorunlar ile sürdürülebilir çevre ve insan sağlığı ile ilgili endişeler, çiftlik planlama ile ilgili araştırılacak birçok karar probleminde yol açmaktadır. Gelecekte bu araştırma sahasında yapılacak çalışmalar ile ilgili şu öneriler yapılabilir: (1) Bütünsel çiftlik planlama modeli daha özel ekinler (zeytin, üzüm gibi) için yeniden tasarlanabilir. (2) Gıda güvenliği endişesi hızla arttığı için, kimyasal kullanımına alternatif olarak geliştirilen en yeni yöntemlerin ekonomik olarak mümkün olup olmadığı test edilebilir. (3) Hayvancılık faaliyetlerinin de içinde bulunduğu daha kapsamlı bir model geliştirilebilir. (4) Aynı modelin stokastik versiyonu geliştirilerek çevresel belirsizlik karşısında daha dayanıklı bir hâle getirilebilir. (5) Dönemlik tarla kiralama opsiyonu da bir karar değişkeni olarak tanımlanıp, mevcut kaynaklarla daha fazla üretim yapmanın kârlılık üzerindeki etkisi incelenebilir.

KAYNAKÇA

- Ahodo, K., Oglethorpe, D., Hicks, H. L., & Freckleton R. P. (2019). Estimating the farm-level economic costs of spring cropping to manage *Alopecurus myosuroides* (blackgrass) in UK agriculture. *The Journal of Agricultural Science*, 157, 318–332. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000650>
- Ahumada, O., Villalobos, J.R. (2009). Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. *European Journal of Operational Research*, 196 (1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.02.014>
- Albornoz, V. M., Véliz, M. I., Ortega, R., & Ortíz-Araya V. (2019). Integrated versus hierarchical approach for zone delineation and crop planning under uncertainty. *Annals of Operations Research*, 286, 617–634. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03198-y>
- Albornoz, V. M., Zamora, G.E. (2020). Decomposition-based heuristic for the zoning and crop planning problem with adjacency constraints. *TOP*, 29, 248–265. <https://doi.org/10.1007/s11750-020-00580-z>
- Albornoz, V. M., Araneda, L. C., & Ortega, R. (2021). Planning and scheduling of selective harvest with management zones delineation. *Annals of Operations Research*, 316(2), 873-890. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04112-1>
- Alfandari, L., Plateau, A., & Schepler, X. (2015). A branch-and-price-and-cut approach for sustainable crop rotation planning. *European Journal of Operational Research*, 241 (3), 872-879. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.09.066>
- Amaefule, D. O., Oluka, I. S., & Nwuba, U. E. I. (2018). Tillage Machinery Selection Model for Combined Noncontiguous Farms. *UNIZIK Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14, 13-12. <https://journals.unizik.edu.ng/index.php/ujeas/article/view/1689>
- Amiama, C., Cascudo, N., Carpenle, L., & Cerdeira-Pen, A. (2015). A decision tool for maize silage harvest operations. *Biosystems Engineering*, 134, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.04.004>
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Wisniewski, M., Anderson, D. R. (Ed.), Sweeney, D. J. (Ed.), Williams, T. A. (Ed.), & Wisniewski, M. (Ed.) (2022). An introduction to management science: quantitative approaches to decision making.
- Annetts, J., Audsley, E. (2002). Multiple objective linear programming for environmental farm planning. *The Journal of the Operational Research Society*, 53 (9), 933-943. <http://www.jstor.org/stable/822837>
- Arnaut, J-P.M., Maatouk, M. (2010). Optimization of quality and operational costs through improved scheduling of harvest operations. *International Transactions in Operational Research*, 17(5), 595–605. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2009.00740.x>
- Avanzini, E., Cawley, A., Vera, J., & Maturana, S. (2021). Comparing an expected value with a multistage stochastic optimization approach for the case of wine grape harvesting operations with quality degradation. *International Transactions in Operational Research*, 1-31. <https://doi.org/10.1111/itor.12982>
- Bakhtiari, A., Navid, H., Mehri, J., & Bochtis, D. (2012). Optimal route planning of agricultural field operations using ant colony optimization. *CIGR Journal*, 13 (4), 1-10. <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1939>

- Behzadi, G., O'Sullivan, M.J., Olsen, T.L., & Zhang, A. (2018). Agribusiness supply chain risk management: a review of quantitative decision models. *Omega*, 79, 21-42. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.07.005>
- Bhatia, M., Rana, A. (2020). A mathematical approach to optimize crop allocation – a linear programming model. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 15 (2), 245-252. <https://doi.org/10.18280/ij dne.150215>
- Biswas, A., Pal, B. B. (2005). Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system. *Omega-international Journal of Management Science*, 33, 391-398. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.07.003>
- Bochtis, D. D., Sørensen, C. G. C., & Busato, P. (2014). Advances in agricultural machinery management: A review. *Biosystems Engineering*, 126, 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.07.012>
- Bochtis, D. D., Sorensen, C. A. G., & Kateris, D. (2019). Operations Management in Agriculture. Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-06290-6>
- Bochtis, D. D., Vougioukas, S. G., (2008). Minimising the non-working distance travelled by machines operating in a headland field pattern. *Biosystems Engineering*, 101, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.06.008>
- Bohle, C., Maturana, S., & Vera, J. (2010). A robust optimization approach to wine grape harvesting scheduling. *European Journal of Operational Research*, 200 (1), 245-252. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.12.003>
- Camarena, E. A., Gracia, C., & Cabrera Sixto, J. M. (2004). A mixed integer linear programming machinery selection model for multifarm systems. *Biosystems Engineering*, 87(2), 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.10.003>
- Capitanescu, F., Marvuglia, A., Gutiérrez, T. N., & Benetto, E. (2017). Multi-stage farm management optimization under environmental and crop rotation constraints. *Journal of Cleaner Production*, 147, 197-205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.076>
- Cortignani, R., Severini, S. (2012). A constrained optimization model based on generalized maximum entropy to assess the impact of reforming agricultural policy on the sustainability of irrigated areas. *Agricultural Economics*, 43(6), 621-633. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2012.00608.x>
- Dantzig, G. (1948). Programming in a linear structure, U.S. Air Force Comptroller, USAF, Washington, D.C.
- Dury, J., Schaller, N., & Garcia, F. (2012). Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 567–580. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0037-x>
- Edwards, G., Sørensen, C. G., Bochtis, D. D., & Munkholm, L. J. (2015). Optimised schedules for sequential agricultural operations using a Tabu Search method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 117, 102-113. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.07.007>
- Ekman, S. (2000). IT information technology: Tillage system selection: A mathematical programming model incorporating weather variability. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77(3), 267-276. <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0602>
- Fasakhodi, A. A., Nouri, S. H., & Amini, M. (2010). Water Resources Sustainability and Optimal Cropping Pattern in Farming Systems; A Multi-Objective Fractional Goal Programming

- Hayashi, K. (2000). Multicriteria analysis for agricultural resource management: a critical survey and future perspectives. *European Journal of Operational Research*, 122 (2), 486-500. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00249-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00249-0)
- He, P., Li, J., Wang, X. (2018). Wheat harvest schedule model for agricultural machinery cooperatives considering fragmental farmlands. *Computers and Electronics in Agriculture*, 14, 226–234. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.042>
- Heady, E.O., (1954). Simplified presentation and logical aspects of linear programming technique. *Journal of Farm Economics* 36, 5, 1035–1048. <https://doi.org/10.2307/1234313>
- Heidari, M. D. Turner, I, Ardestani-Jaafari, A., & Pelletier, N. (2021). Operations research for environmental assessment of crop-livestock production systems. *Agricultural Systems*, 193, 103208. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103208>
- Heizer, Jay, Render, Barry, Munson, Chuck. (2017). Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management 12th ed. (12th ed.). Boston: Pearson.
- Herrera-Cáceres, C., Pérez-Galarce, F., Álvarez-Miranda, E., & Candia-Véjar, A. (2017). Optimization of the harvest planning in the olive oil production: A case study in Chile. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 147-159. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.07.017>
- Huh, W. T., & Lall, U. (2013). Optimal crop choice, irrigation allocation, and the impact of contract farming. *Production and Operations Management*, 22(5), 1126– 1143. <https://doi.org/10.1111/poms.12007>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Retrieved from, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- Iowa State University. (2025). *Iowa Farm Custom Rate Survey: Ag Decision Maker*. <https://www.extension.iastate.edu/agdm/crops/html/a3-10.html>
- Jami, N., Leithäuser, N., Weiß, C. (2021). Allocating Small Transporters to Large Jobs. *Algorithms*, 15, 60. <https://doi.org/10.3390/a15020060>
- Janke, R. R. (2000). Whole-Farm Planning for Economic and Environmental Sustainability. Washington State University. <https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2073/2014/09/Whole-Farm-Planning-for-Economics-and-Environment.pdf>
- Jena, S. D., Poggi, M. (2013). Harvest planning in the Brazilian sugar cane industry via mixed integer programming. *European Journal of Operational Research*, 230(2), 374-384. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.04.011>
- Johnson, S. E., Toensmeier, E. (2009). How Expert Organic Farmers Manage Crop Rotations. In *Crop Rotation on Organic Farms A Planning Manual* (pp. 3–20). essay, NRAES.
- Jones, J. W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A., et al. (2003). The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, 18, 235–265.
- Kansas Dept. of Agriculture K-State Agricultural Land Use Survey Center. (2024). *Custom Rates Survey | AgManager.info*. <https://www.agmanager.info/machinery/papers/2016-rates-paid-kansas-farmers-custom-work>
- Kansas State University. (2019). *Crop Production*. <https://www.agronomy.k-state.edu/extension/crop-production/>

- Kay, R. D., Edwards, W. M., & Duffy, P. A. (2008). Farm management. Published by McGraw-Hill. Sixth edition.
- Laughlin, D. H., & Spurlock, S. R. (2007). *Mississippi State Budget Generator v6.0*. <https://www.agecon.msstate.edu/whatwedo/budgets/generator/index.php>
- Leteinturier, B., Herman, J., Longueville, F.D., Quintin, L., & Oger, R. (2006). Adaptation of a crop sequence indicator based on a land parcel management system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112(4), 324–334. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.07.011>
- López-Baldovín M.J., Gutiérrez-Martin C., & Berbel J. (2006). Multicriteria and multiperiod programming for scenario analysis in Guadalquivir River irrigated farming. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 499–509. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602029>
- Lowe, T. J., Preckel, P.V. (2004). Decision technologies for agribusiness problems: A brief review of selected literature and a call for research. *Manufacturing & Service Operations Management*, 6 (3), 201-208. <https://doi.org/10.1287/msom.1040.0051>
- Lucas, M. T., Chhajer, D. (2004). Applications of location analysis in agriculture: A survey. *The Journal of the Operational Research Society*, 55 (6), 561-578. <http://www.jstor.org/stable/4101960>
- Mohamed, M. A., Kheiry, A. N., Rahama, A. E., & Alameen, A. A. (2017). Optimization model for machinery selection of multi-crop farms in elsuiki agricultural scheme. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)*, 5 (7), 739. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i7.739-744.1144>
- Mohler, C. L. (2009). Introduction. In *Crop Rotation on Organic Farms A Planning Manual* (pp. 1). essay, NRAES.
- Mohler, C. L. (2009). A Crop Rotation Planning Procedure. In *Crop Rotation on Organic Farms A Planning Manual* (pp. 77–77). essay, NRAES.
- Montazar, A. A. (2011). decision tool for optimal irrigated crop planning and water resources sustainability. *Journal of Global Optimization*, 55, 641–654. <https://doi.org/10.1007/s10898-011-9803-1>
- NASA. (2025). *POWER*. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Nematollahi, M., Tajbakhsh, A. (2020). Past, present, and prospective themes of sustainable agricultural supply chains: a content analysis. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122201. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122201>
- Nickels, W. G., McHugh, J. M., & McHugh, S. M. (2024). Understanding business (2024 Release). New York: McGraw-Hill LLC.
- Pakawanich, P., Udomsakdigool, A., Khompatraporn, C. (2021). Crop production scheduling for revenue inequality reduction among smallholder farmers in an agricultural cooperative. *Journal of the Operational Research Society*, 73 (12), 2614-2625. <https://doi.org/10.1080/01605682.2021.2004946>
- Pal, B. B., Chakraborti, D., & Biswas, P. (2009). A genetic algorithm based hybrid goal programming approach to land allocation problem for optimal cropping plan in agricultural system. *International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)*, Peradeniya, Sri Lanka, 181-186. <https://doi.org/10.1109/ICIINFS.2009.5429867>

- Pal, B. B., Kumar, M., & Sen, S. (2010). A priority based interval-valued Goal Programming approach for land utilization planning in agricultural system: A case study. *Second International conference on Computing, Communication and Networking Technologies*, Karur, India, 1-9. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT.2010.5591814>
- Poulsen, B., Jacobsen, B. H. (1997). Machinery costs on Danish farms: an empirical analysis based on 500 full time farms. Report No. 92. Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics
- Rădulescu, M., Rădulescu, C. Z., & Zbăganu, G. (2011). A portfolio theory approach to crop planning under environmental constraints. *Annals of Operations Research*, 219, 243–264. <https://doi.org/10.1007/s10479-011-0902-7>
- Rodias, E., Berruto, R., Busato, P., Bochtis, D., Sørensen, C., & Zhou, K. (2017). Energy Savings from Optimised In-Field Route Planning for Agricultural Machinery. *Sustainability*, 9(11), 1956. <https://doi.org/10.3390/su9111956>
- Rotz, C. A. (2004). The integrated farm system model: a tool for developing more economically and environmentally sustainable farming systems for the northeast. In: American Society of Agricultural Engineers Meetings Papers. In Proceedings of the 2004 Northeast Agricultural and Biological Engineering Conference. 2004 June 27-30 (pp. 1e11). Pennsylvania: University Park.
- Santos L. M. R., Munari P., Costa A. M., & Santos R. H. S. (2015). A branch-price-and-cut method for the vegetable crop rotation scheduling problem with minimal plot sizes. *European Journal of Operational Research*, 245, pp. 581-590. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.03.035>
- Savin, L., Matic-Kekic, S., Dedovic, N., Simikic, M., & Tomic, M. (2014). Profit maximisation algorithm including the loss of yield due to un certain weather events during harvest. *Biosystems Engineering*, 123, 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.05.002>
- Sethanan, K., Neungmatcha, W. (2016). Multi-objective particle swarm optimization for mechanical harvester route planning of sugarcane field operations. *European Journal of Operational Research*, 252(3), 969–984. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.01.043>
- Smith, Adam (1777) [1776]. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. University of Chicago Press. ISBN 0-226-76374-9.
- Søgaard, H. T., Sørensen, C. G., 2004. A model for optimal selection of machinery sizes within the farm machinery system. *Biosystems Engineering*, 89 (1), 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.05.004>
- Solano, N. E. C., Llinás, G. A. G., & Montoya-Torres, J. R. (2022). Operational model for minimizing costs in agricultural production systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 197. 106932. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106932>
- Sørensen, C. G., Halberg, N., Oudshoorn, F. W., Petersen, B. M., & Dalgaard, R. (2014). Energy inputs and GHG emissions of tillage systems. *Biosystems Engineering*, 120, 2-14. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.01.004>
- Taylor B. W., (2019). *Introduction to management science*. United Kingdom: Pearson Education Limited, Harlow.
- Telles L. A. D. A., Arroyo J. E. C., Binoti D. H. B., Lorenzon A. S., Santos A. R. D., Domingues G. F., Resende R. T., Marcatti G. E., Gonzales D. G. E., Castro N. L. M. D., Mota P. H.

- S., Oliveira B. D. A., & Silva M. L. D. (2021). When, where and what cultivate: An optimization model for rural property planning. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125741. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125741>
- Tsoodle, L. J., Li, X. (2023). *Input Cost Survey in Kansas*. <https://www.agmanager.info/land-leasing/land-buying-valuing/land-use-value-research/input-cost-survey-kansas>
- Turner, A. P., Sama, M. P., McNeill, L. S., Dvorak, J. S., Mark, T., & Montross, M. D. (2019). A discrete event simulation model for analysis of farm scale grain transportation systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105040. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105040>
- USDA. (2022). *Census of Agriculture - 2022 Census Publications - State and County Profiles - Kansas*. https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2022/Online_Resources/County_Profiles/Kansas/
- USDA. (2025). *NASS QuickStats Ad-hoc Query Tool*. <https://quickstats.nass.usda.gov/>
- Huh W. T., Lall U. (2013). Optimal crop choice, irrigation allocation, and the impact of contract farming. *Production and Operations Management*, 22, 1126–1143. <https://doi.org/10.1111/poms.12007>
- Wang Y., Huang G. Q. (2022a). A two-step framework for dispatching shared agricultural machinery with time window. *Computer and Electronics in Agriculture* 192, 106607. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106607>
- Wang Y., Huang G. Q. (2022b). Harvester scheduling joint with operator assignment. *Computer and Electronics in Agriculture*, 202, 107354.
- Wishon, C., Villalobos, J.R., Mason, N., Flores, H., & Lujan, G. (2015). Use of MIP for planning temporary immigrant farm labor force. *International Journal of Production Economics*, 170, 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.004>
- Wijnands, E. (1999). Crop rotation in organic farming: theory and practice. In: Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an international workshop. Danish Research Centre for Organic Farming, 21–35. <https://orgprints.org/id/eprint/3056/>
- Varas, M., Basso, F., Maturana, S., Osorio, D., & Pezoa, R. (2020). A multi-objective approach for supporting wine grape harvest operations. *Computers & Industrial Engineering*, 145, 106497. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106497>
- Verlinden, O. A. B., Van Oudheusden D. (2009). Infield logistics planning for crop-harvesting operations. *Engineering Optimization* 41, (2), 183-197. <https://doi.org/10.1080/03052150802406540>
- Yule, I. J., Kohnen, G., & Nowak, M. (1999). A tractor performance monitor with DGPS capability. *Computers and Electronics in Agriculture*, 23(0), 155e174.
- Zhang, W., Zhao, B., Zhou, L., Wang, J., Qiu, C., Niu, K., & Wang, F (2022). Harvester Maintenance Resource Scheduling Optimization, Based on the Combine Harvester Operation and Maintenance Platform. *Agriculture*, 12, 1433. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091433>

EK 1 ORJİNALLİK FORMU

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu <i>Form No.</i>	FRM-DR-21
		Yayın Tarihi <i>Date of Pub.</i>	04.01.2023
	FRM-DR-21 Doktora Tezi Orijinallik Raporu <i>PhD Thesis Dissertation Originality Report</i>	Revizyon No <i>Rev. No.</i>	02
		Revizyon Tarihi <i>Rev. Date</i>	25.01.2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA
Tarih: <u>02/07/2025</u>
Tez Başlığı: Özel Çiftçilik Uygulamalarına dayalı Sürdürülebilir Ekin Çiftliği Planlaması için Tamsayılı Programlama Modeli Tez Başlığı (Almanca/Fransızca)*:.....
Yukarıda başlığı verilen tezin a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 157 sayfalık kısmına ilişkin, 02/07/2025 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 7 'dir.
Uygulanan filtrelemeler**: 1. ☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç 2. ☒ Kaynakça hariç 3. ☐ Alıntılar hariç 4. ☒ Alıntılar dâhil 5. ☒ 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç
Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tezin herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.
Gereğini saygılarımla arz ederim.
Yunus Yıldırım
Ad-Soyad/İmza

Öğrenci Bilgileri	Ad-Soyad	Yunus YILDIRIM	
	Öğrenci No	N19144030	
	Enstitü Anabilim Dalı	İşletme	
	Programı	İşletme	
	Statüsü	Doktora ☒	Lisans Derecesi ile (Bütünleşik) Dr ☐

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.
 (Unvan, Ad Soyad, İmza)

*Tez **Almanca** veya **Fransızca** yazılıyor ise bu kısımda tez başlığı **Tez Yazım Dilinde** yazılmalıdır.

**Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları İkinci bölüm madde (4)/3'te de belirtildiği üzere: Kaynakça hariç, Alıntılar hariç/dâhil, 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 5 words) filtreleme yapılmalıdır.

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-DR-21
		Yayın Tarihi Date of Pub.	04.01.2023
	FRM-DR-21 Doktora Tezi Orijinallik Raporu <i>PhD Thesis Dissertation Originality Report</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev. Date	25.01.2024

TO HACETTEPE UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION Date: <u>02/07/2025</u> Thesis Title (In English): An Integer Programming Model for Sustainable Crop Farm Planning based on Custom Farming Practices According to the originality report obtained by myself/my thesis advisor by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options checked below on 02/07/2025 for the total of 157 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, and d) Conclusion sections of my thesis entitled above, the similarity index of my thesis is 7 %. Filtering options applied**: ☒ Approval and Declaration sections excluded ☒ References cited excluded ☐ Quotes excluded ☒ Quotes included ☒ Match size up to 5 words excluded I hereby declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Social Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge. Yunus Yıldırım I respectfully submit this for approval. Name-Surname/Signature

Student Information	Name-Surname	Yunus YILDIRIM	
	Student Number	N19144030	
	Department	Business Administration	
	Programme	Business Administration	
	Status	PhD ☒	Combined MA/MSc-PhD ☐

SUPERVISOR'S APPROVAL


 APPROVED
 (Title, Name and Surname, Signature)

**As mentioned in the second part [article (4)/3] of the Thesis Dissertation Originality Report's Codes of Practice of Hacettepe University Graduate School of Social Sciences, filtering should be done as following: excluding reference, quotation excluded/included, Match size up to 5 words excluded.

EK 2 ETİK KURUL MUAFİYET FORMU

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-DR-12
		Yayın Tarihi Date of Pub.	22.11.2023
	FRM-DR-12 Doktora Tezi Etik Kurul Muafiyeti Formu <i>Ethics Board Form for PhD Thesis</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev. Date	25.01.2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA
Tarih: <u>02/07/2025</u>
Tez Başlığı: Özel Çiftçilik Uygulamalarına dayalı Sürdürülebilir Ekin Çiftliği Planlaması için Tamsayılı Programlama Modeli Tez Başlığı (Almanca/Fransızca)*:
Yukarıda başlığı verilen tez çalışmam: 1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır. 2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir. 3. Beden bütünlüğüne veya ruh sağlığına müdahale içermemektedir. 4. Anket, ölçek (test), mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme gibi teknikler kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen araştırma niteliğinde değildir. 5. Diğer kişi ve kurumlardan temin edilen veri kullanımını (kitap, belge vs.) gerektirmektedir. Ancak bu kullanım, diğer kişi ve kurumların izin verdiği ölçüde Kişisel Bilgilerin Korunması Kanuna riayet edilerek gerçekleştirilecektir. Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kuruldan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Yunus Yıldırım Gereğini saygılarımla arz ederim. Ad-Soyad/İmza

Öğrenci Bilgileri	Ad-Soyad	Yunus YILDIRIM	
	Öğrenci No	N19144030	
	Enstitü Anabilim Dalı	İşletme	
	Programı	İşletme	
	Statüsü	Doktora ☒	Lisans Derecesi ile (Bütünleşik) Dr ☐

DANIŞMAN ONAYI


 UYGUNDUR.
 (Unvan, Ad Soyad, İmza)

* Tez Almanca veya Fransızca yazılıyor ise bu kısımda tez başlığı **Tez Yazım Dilinde** yazılmalıdır.

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-DR-12
		Yayın Tarihi Date of Pub.	22.11.2023
	FRM-DR-12 Doktora Tezi Etik Kurul Muafiyeti Formu <i>Ethics Board Form for PhD Thesis</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev.Date	25.01.2024

HACETTEPE UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION	
Date: <u>02/07/2025</u>	
Thesis Title (In English): An Integer Programming Model for Sustainable Crop Farm Planning based on Custom Farming Practices	
My thesis work with the title given above: - Does not perform experimentation on people or animals. - Does not necessitate the use of biological material (blood, urine, biological fluids and samples, etc.). - Does not involve any interference of the body's integrity. - Is not a research conducted with qualitative or quantitative approaches that require data collection from the participants by using techniques such as survey, scale (test), interview, focus group work, observation, experiment, interview. - Requires the use of data (books, documents, etc.) obtained from other people and institutions. However, this use will be carried out in accordance with the Personal Information Protection Law to the extent permitted by other persons and institutions.	
I hereby declare that I reviewed the Directives of Ethics Boards of Hacettepe University and in regard to these directives it is not necessary to obtain permission from any Ethics Board in order to carry out my thesis study; I accept all legal responsibilities that may arise in any infringement of the directives and that the information I have given above is correct.	
	
I respectfully submit this for approval.	
Name-Surname/Signature	

Student Information	Name-Surname	Yunus YILDIRIM	
	Student Number	N19144030	
	Department	Business Administration	
	Programme	Business Administration	
	Status	PhD ☒	Combined MA/MSc-PhD ☐

SUPERVISOR'S APPROVAL


 APPROVED
 (Title, Name Surname, Signature)