

Harran Bölgesi Pamuk Üretiminde Tarımsal Sulama Sistemlerinin Dönüşümü: Ajan Temelli Bir Modelden Çıkarımlar

Onur YENİ (<https://orcid.org/0000-0002-4369-1919>), Department of Economics, Social Policy Research Center, Hacettepe University, Turkey; e-mail: oyeni@hacettepe.edu.tr

Zeynep YENER-GÖK (<https://orcid.org/0000-0002-2797-5903>), Department of Economics, Hacettepe University, Turkey; e-mail: zyener80@gmail.com

Özgür TEOMAN (<https://orcid.org/0000-0002-2237-042X>), Department of Economics, Hacettepe University, Turkey; e-mail: ozgurt@hacettepe.edu.tr

Irrigation Systems Transformation in Cotton Production in the Harran District, Turkey: Implications of an Agent-Based Model

Abstract

Agricultural water use for irrigation in Turkey is higher than OECD averages. The main reason for this is the widespread use of surface irrigation methods. Since Turkey is not a water-rich country, high agricultural water use can be considered as a serious sustainability problem. Cotton, as an industrial crop, keeps its importance in Turkey in terms of its added value and foreign exchange inflow it provides directly and indirectly. This study scrutinizes the transformation of existing irrigation systems in Harran district by employing an agent-based model and also calculates the amount of area-based irrigation support required to ensure this transformation.

Keywords : Cotton Production, Sustainable Water Use, Agent-Based Modelling, Agricultural Supports.

JEL Classification Codes : C63, Q15, Q25.

Öz

Türkiye’de tarımsal sulamada kullanılan su miktarının OECD ortalamalarından yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun temel nedeni, Türkiye’de yüzeysel sulama yöntemlerinin yaygın bir şekilde kullanılmakta oluşudur. Aşırı su kullanımı, Türkiye gibi su zengini olmayan bir ülke için oldukça önemli bir sürdürülebilirlik sorunu oluşturmaktadır. Bir endüstriyel bitki olan pamuk, Türkiye tarımında önemini korumakta olup, yarattığı katma değer ve doğrudan ve dolaylı olarak sağladığı döviz girdisi açısından da önemlidir. Bu çalışmada, Harran’daki pamuk üretiminde kullanılan sulama yöntemlerinin su tasarrufu sağlayacak biçimde dönüşümü ajan temelli modelleme kullanılarak incelenmiş ve bu yönde dönüşümün sağlanabilmesi için gereken alan bazlı destek miktarları arazi büyüklüklerine göre hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Pamuk Üretimi, Sürdürülebilir Su Kullanımı, Ajan Temelli Modelleme, Tarımsal Destekler.

1. Giriş

Türkiye gelecekte yüksek derecede su riski altında bulunan bir ülke olarak sınıflandırılmakta (OECD, 2017) ve küresel iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenecek riskli ülkeler arasında gösterilmektedir (Aküzüm & Çakmak & Gökalp, 2010). OECD'nin en güncel verisine göre ise Türkiye'de 2014 yılında toplam su kullanımının yaklaşık %84'ü tarım sektörü tarafından gerçekleştirilmiştir. Avrupa Birliği (AB) ve OECD ülkelerinde ise aynı yıl için bu oran sırasıyla %31 ve %59 olarak gerçekleşmiş, dünya ortalaması ise %70 olmuştur. Bununla birlikte, Türkiye'de söz konusu tarımsal su kullanım oranı 2000'li yıllar boyunca %80'in altına düşmemiş, günümüze kadar artan bir eğilim sergilemiştir (Yeni & Teoman, 2020: 5-6). Su kullanımı, tarımsal verimliliğin artırılabilmesi için büyük önem taşıdığından Türkiye'de azalan tarım alanına karşın su kullanımının yüksek seyretmesi, tarımsal ve çevresel sürdürülebilirlik için ciddi bir sorun olarak değerlendirilebilir. Türkiye tarımında aşırı su kullanımının temel nedeni, hâlâ %70 gibi çok yüksek bir oranda yüzeysel sulama yöntemlerinin kullanılmakta oluşudur. Geriye kalan alanda ise yağmurlama ve damla sulama gibi basınçlı sulama sistemleri kullanılmaktadır (DSİ, 2017: 183). Su kullanımına ilişkin bir başka olumsuzluk ise bireysel kuyular açılarak aşırı sulama yapılmasıdır. Bu durum, taban suyunun zaman içinde daha derinlere inmesine neden olmakta ve yeraltı suyu ile beslenen sulak alanların kurumasına, böylece bu alanlardaki zengin ekosistemlerin zarar görmesine neden olmaktadır. Türkiye'de 2000-2014 döneminde toplam yeraltı suyu kullanımı %41 artarken, buna karşılık tarımsal amaçla yeraltı suyu kullanımının ise %62 arttığı belirtilmektedir. Türkiye'de 2014 yılında çekilen toplam yeraltı suyunun ise %63'ü tarımda kullanılmıştır. AB ve OECD ortalamaları ise aynı yılda sırasıyla %41 ve %55 olarak gerçekleşmiştir (Yeni & Teoman, 2020: 6). Aşırı sulama nedeniyle topraktaki tuz oranının artması tuzlanma sorunu olarak adlandırılmakta ve bitkilerin sudan yeterince yararlanamayarak ölmelerine yol açmaktadır (Yiğitbaşıoğlu, 2000). Bu sorunun en ciddi biçimde yaşandığı alanların başında Harran Ovası gelmektedir. Söz konusu bölgede aşırı su kullanımı ve gelişmiş drenaj sistemlerinin bulunmaması nedeniyle taban suyu yükselmesi sonucunda toprak tuzluluğu artmıştır (Kendirli & Çakmak & Uçar, 2005).

Türkiye tarımında endüstriyel bitkiler içinde önemli yeri olan pamuk, ülke ekonomisine sağlamakta olduğu katma değer ve döviz girdisi açısından önemini korumaktadır. Pamuk, ülke ekonomisi açısından tekstil sektörünün ham maddesi olması sebebiyle stratejik bir ürün olup ekimini yapabilen üreticiler açısından diğer birçok ürünle kıyaslandığında ticari açıdan yüksek kazanç sağlayan bir üründür. İhracat ve dolayısıyla döviz girdisi açısından değerlendirildiğinde ise 1990'lı yıllardan itibaren pamuğun ihracatın kompozisyonu içindeki payı gerilemekle birlikte, pamuk ipliği ve pamuklu mensucat ihracatının artırılabilmesi için kaliteli pamuk arzının sürekliliği büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde lif uzunluğuna bağlı olarak farklı kalitede pamuk üretimi yapılmakta ve üretimin ağırlıklı kısmı Ege, Çukurova ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Harran Bölgesi) olmak üzere üç bölgede gerçekleştirilmektedir. Her üç bölge de iklim ve toprak koşulları bakımından pamuk üretimine elverişli olup, pamuk ürününün düzenli olarak sulamaya ihtiyaç göstermesi, üretim ve verim düzeyinin yükseltilmesi açısından sulama yöntem ve tekniklerinin etkin kullanımının önemine işaret etmektedir. Ayrıca, burada not edilmesi

gereken bir başka önemli konu ise Türkiye'nin gelecekte pamuk üretiminde yüksek su riskiyle karşı karşıya bulunan ülkeler arasında yer almasıdır (OECD, 2017: 87). Dolayısıyla, uygun sulama yönteminin uygulanması ile tarımsal işletmelerin ticari kâr düzeyi yükselbilecek, toprakta etkisiz sulama sonucu oluşabilecek tuzlanmanın önüne geçilebileceğinden ardışık ekim dönemleri boyunca verim seviyesinin stabilizasyonu sağlanabilecek ve gelecekte pamuk üretiminde ortaya çıkabilecek su riskinin azaltılabilmesi olanaklı olabilecektir. Öte yandan, uygun sulama yönteminin uygulanmasıyla su tasarrufu elde edilebilmekte ve bu amaca dönük olarak parasal ya da mali devlet desteği güçlü bir teşvik aracı olarak düşünülmektedir. Özetle, çalışmada ele alınan konu, gerek pamuk üretiminde maliyet etkinliği açısından, gerekse de çevresel açıdan oldukça büyük önem taşımaktadır.

Harran Bölgesi, Türkiye pamuk üretiminde Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamındaki sulama yatırımlarının devreye girmesinin ardından diğer bölgelerin önüne geçmiş durumdadır. Bölgede farklı ölçekte arazi tasarruf biçimlerinin varlığına bağlı olarak aile tipi işletmeler ile sürekli ya da geçici olarak ücretli işgücü istihdam eden kapitalist/yarı kapitalist tarzda organize olmuş işletmeler beraberce üretim yapmaktadır¹. Aile tipi tarımsal işletmeler bakımından sulama amaçlı sabit sermaye yatırımları için sermaye yetersizliği önemli bir sorun teşkil etmektedir. Ancak bu tip işletmelerin doğası gereği hane halkı emeğine bir ücret ödenmiyor oluşu, sermaye kısıtı olmayan daha büyük ölçekli işletmelerle kıyaslandığında bu tip işletmeler açısından bir maliyet avantajı sağlayabilmektedir. Bu bağlamda, ölçek farklılaşmasına izin vererek sahip olunan sermaye düzeyi ve toprak mülkiyeti farklılığının belirlediği heterojen üretici yapısını katı bir varsayım altında göz ardı etmek ve tek tip bir tarımsal işletme kabulü uyarınca bölgedeki mevcut sulama yöntemlerinin su tasarrufu sağlayacak biçimde dönüşümünün analizini yapmak mümkündür.

Bu çalışmada, ajan temelli modelleme yöntemiyle Harran Bölgesi pamuk üretiminde kullanılan mevcut sulama yöntemlerinin (karık) su tasarrufunun sağlanması için damla sulama sistemine dönüşümüne olanak verecek devlet desteği miktarları farklı işletme ölçekleri altında analiz edilmiştir. Mevcut yazın incelendiğinde Türkiye için bu çalışmada ele alınan konuyu ajan temelli modelleme kullanarak analiz eden başka bir çalışmaya erişilememiştir. Çalışma beş bölüme ayrılmıştır. Giriş bölümünün ardından ikinci bölümde Türkiye'de gerçekleştirilen pamuk üretimine ilişkin genel bilgiler yer almaktadır. Üçüncü bölümde ajan temelli modelleme ile ilgili verilen kısa bir bilginin ardından çalışmada kullanılan model ve kalibrasyon açıklanmaktadır. Dördüncü bölüm, modeldeki

¹ Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 1980 öncesinde hâkim olan feodal nitelikteki üretim ilişkileri özellikle GAP kapsamındaki sulama yatırımlarının devreye girmesiyle çözülmeye başlamıştır. Türkiye'deki diğer tarımsal bölgelerle kıyaslandığında yarıkapitalist/ortakçılık niteliğindeki üretim ilişkilerinin oranı yüksek seviyede olmakla birlikte (TÜİK, 2019) bölge düzeyinde ticari tarımın tamamen yaygınlaşmış olduğu söylenebilir. Nitekim bölgede ürün deseni geçmiş dönemlerle kıyaslandığında buğday, baklagiller gibi geçimlik ürünlerden pamuk gibi endüstriyel ürünler lehine değişiklik göstermiştir.

ajanların davranışlarının gözlenmesi sonucunda elde edilen bulguları ve tartışmayı içermektedir. Sonuç bölümü ise genel değerlendirmelerle birlikte çalışmayı sonlandırmaktadır.

2. Türkiye’de Pamuk Üretimine Genel Bir Bakış

Bir endüstri bitkisi olarak tekstil ve hazır giyim sektörlerinin temel ham maddelerinden olan pamuk Türkiye ekonomisi bakımından stratejik bir ürün konumundadır. Her ne kadar tekstil ve hazır giyim ihracatın kompozisyonu içindeki görelî payı 2000’li yıllardan itibaren gerileme sürecinde olsa da pamuk, söz konusu sektörlerde yarattığı katma değer ve sağladığı istihdam açısından önemini korumaktadır. Pamuk, tekstil ve hazır giyimdeki kullanımının yanı sıra tohumu ile yağ sanayine, küspesi ile yem sanayilerine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenlere bağlı olarak pamukta Türkiye ekonomisinin ihtiyaç duyduğu arz yeterliliğinin sağlanması ve ürün kalitesinin yükseltilmesi önem taşımaktadır.

Türkiye’de pamuk tarımı Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ovalarında yapılmakta olup lif uzunluğu ve kalınlığı ürün kalitesini ve dolayısıyla fiyatını belirleyen temel etken durumundadır. Buna göre piyasalarda uzun lifli ve ince Ege Standart 1 pamuğu diğer bölgelere yetiştirilen pamuk türlerine nazaran daha yüksek fiyattan alıcı bulmaktadır. Diğer tarımsal ürünlere kıyasla pamukta fiyat oluşumunda arz ve talebe bağlı piyasa koşulları daha etkin olarak işlemekte olup İzmir Ticaret Borsası’nda oluşan fiyatlar dünya pamuk fiyatları açısından referans olma özelliğine sahiptir (Telatar vd., 2002: 55-74). Maliyetler yönünden değerlendirildiğinde ise son yıllarda pamuk maliyetlerinde ortaya çıkan yüksek artışlara bağlı olarak üreticilerin mısır, buğday ve ayçiçeği gibi alternatif ürünlere yöneldikleri gözlenmektedir (Özüdoğru, 2017: 22).

Aşağıdaki tablodan izlenebileceği gibi Türkiye’de yaklaşık 450 bin hektar tarımsal alan pamuk ekimine ayrılmakta ve 2013-2017 dönemi göz önüne alındığında ortalama 2 milyon 230 bin ton kütlü pamuk üretimi gerçekleştiği görülmektedir. Söz konusu üretimden aynı dönemde ortalama 819 bin ton lif pamuk elde edilmiş ve iplik yapımında kullanılmıştır². Söz konusu üretimin ağırlıklı kısmı Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde gerçekleştirilirken (2017 yılı itibarıyla %59) bu bölgeyi Ege (%22), Çukurova (%18) ve Antalya (%1) Bölgeleri izlemiştir. Türkiye’de pamuklu dokuma ve mensucat sektörünün iplik talebi lif pamuk üretimini aştığından lif pamukta ithalatçı konumunda olup üretimin tüketimi karşılama oranı %50’ler düzeyindedir. Nitekim 2017 yılı itibarıyla 914 bin tonluk lif pamuk ithalatı gerçekleşmiştir. İthalat yapılan ülkeler içinde en fazla paya sahip olan ülke ABD olup bu ülkeyi Türkmenistan ve Yunanistan takip etmektedir. Elverişli iklim koşullarının etkisi ve GAP kapsamında sulama projelerinin devreye girmesiyle TÜİK verilerine göre Türkiye’de

² *Ham pamuktan iplik elde edilmesi ancak belirli aşamalar sonucunda mümkün olmaktadır. Hasadı yapılan pamuk, çiğit (tohum) ile lifinin ayrıştırılabilmesi için çırçırılama işlemine tabi tutulmaktadır. Çırçırılama işlemi bittikten sonra ayrılan lif, iplik fabrikalarında işlenerek iplik haline getirilmektedir. Bu nedenle pamuğun endüstriyel kullanımında lif pamuk miktarı ve değerini dikkate almak gerekmektedir.*

pamuk verim düzeyi giderek artarak 2017 yılında 182 kg/da olarak gerçekleşse de 2013-2017 döneminde görece olarak dalgalı bir seyir izlemiştir. Verim düzeyi aynı yıl itibarıyla dünya ortalama verim düzeyinin oldukça üzerindedir (76,5kg/da) (Özüdoğru, 2017: 5-8).

Tablo: 1
Türkiye’de Pamuk Arz, Verim ve Dış Ticareti

Yıllar	2013	2014	2015	2016	2017
Ekilen Alan (Bin Ha)	451	468	434	416	502
Üretim - Kütü Pamuk (Bin Ton)	2250	2350	2050	2100	2450
Üretim - Lif Pamuk (Bin Ton)	877	846	738	756	882
Verim - Lif Pamuk (Kg/da)	176	195	181	170	182
Verim - Kütü Pamuk (Kg/da)	499	503	472	505	489
İhracat (Lif Pamuk) (Bin Ton)	48	46	48	76	59
İthalat (Lif Pamuk) (Bin Ton)	869	913	803	821	914

Kaynak: (1) TÜİK.

(2) T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 2017 Yılı Pamuk Raporu, Mart 2018.

Pamuk fiyat ve değer açısından değerlendirildiğinde, yukarıda belirtilen artan maliyet koşulları göz önüne alınarak diğer birçok üründe olduğu gibi devlet tarafından desteklenmektedir. Pamuk destekleme politikaları, ana hedefleri Beş Yıllık Kalkınma Planlarında belirtilen bir çerçeve içinde, yeterli üretim seviyesi ve üretimin olumsuz koşullardan daha az etkilenmesinin sağlanması, ihracatın geliştirilmesi, kendine yeterlilik oranının yükseltilmesi amaçları doğrultusunda belirlenmektedir. Türkiye tarımında pamuk desteklemeleri 2011 yılından itibaren benimsenen Tarım Havzaları Destekleme Modeli uyarınca yapılmaktadır. Buna göre 13 havzada pamuk üretimi fark ödemesi kapsamına alınmıştır. Bu havzalar, Güney Marmara Havzası, Kıyı Ege Havzası, Kaz Dağları Havzası, İç Ege Havzası, Gediz Havzası, Karacadağ Havzası, Zap Havzası, GAP Havzası, Kıyı Akdeniz Havzası, Ege Yaylası Havzası ve Fırat Havzası’dır. 2017 yılı itibarıyla pamukta fark ödeme desteği 0,80 TL/kg, mazot ve gübre desteği 40 TL/dekar olarak yapılmıştır (T.C Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2018: 22-25).

3. Yöntem, Model ve Kalibrasyon

3.1. Yöntem

Bu çalışmada Türkiye tarımında son dönemde üretim düzeyi bakımından önemi giderek artan Güneydoğu Anadolu Bölgesi pamuk üretimi için hali hazırda kullanılan sulama yöntemlerinin su tasarrufu sağlayacak biçimde dönüşümü “ajan temelli modelleme” yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. Benzetimlerin (simülasyonun) özel bir türü olan ajan temelli modellemeler (*agent-based models - ABM*), ekonomik ölçümler için de kullanılan ve diğer yöntemlerin homojenlik, lineerlik, durağanlık gibi bazı kısıtlamalarının üstesinden gelebilen yeni bir benzetim tekniğidir. Ajan temelli modelleme, birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşimde olan bireysel oyuncuların ve kurumlardan oluşan bir modelleme türüdür (Farmer & Foley, 2009). Bu modellerin amacı, bireysel davranış kuralları ve etkileşim mekanizması ile toplu düzenin oluşumunu gözlemlemektir (Ricetti & Russo & Gallegati, 2015). Ajan temelli modellemeler, ekonomik ölçümlerde kullanılan diğer modellere kıyasla, daha esnek ve gerçek dünyadaki dinamik etkileşimleri anlamakta daha etkilidir. Veri sayısı yükseldikçe ve karar vermek daha karmaşık hale geldikçe, ajan temelli modellerin

daha fazla tercih edilmesi beklenmektedir (Chhatwal & He, 2015). Bu özellikleri nedeniyle ajan temelli modelleme son yıllarda özellikle davranışsal iktisat alanında sıkça tercih edilen bir yöntem olarak ileri çıkmıştır.

Hesaplanabilir genel denge (HGD) modelleri ile kısmi denge (KD) modelleri, iktisadi politika uygulamalarının olası etkilerinin araştırılması için yaygın biçimde kullanılan modeller olagelmıştır. Tarımsal politika analizinde de sıklıkla başvurulan bu yöntemler, küresel ve bölgesel düzeyde politikaların geliştirilmesi için oldukça kullanışlı olabilmekle birlikte, özellikle iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkileri gibi çevre ve tarım arasındaki etkileşimin modellenmesi ve çeşitli politika değerlendirmelerinin yapılması gibi konularda yetersiz kalabilmektedir. Bunun temel nedeni, çevre ve tarım arasındaki etkileşimin çoğunlukla oldukça yerel düzeyde gerçekleşmesidir. Dolayısıyla, mikro düzeydeki çevresel dışsallıkların, çiftçilerin çevresel değişikliklere kısıtlı uyum kapasitesinin ve çiftçilerin sahip olduğu çeşitli davranışsal engellerin modellenmesi ABM ile olanaklı hale gelmektedir (Berger & Troost, 2014: 324). HGD ve KD modelleri, temsili ajanların fayda ve kar maksimizasyonlarına dayanan denge çözümlenmeleri olduğundan gerçek yaşamdaki bir tarım-çevre sisteminin (agri-environmental systems) heterojen mikro bileşenleri arasındaki etkileşimlerin, sistemin makro düzeydeki davranışını nasıl etkilediğinin incelenmesi açısından fazla işlevsel olamamaktadır. Arthur (2006) tarafından belirtildiği üzere denge dışında düşünüldüğünde iktisadi örüntülerin çoğu zaman süreç bağımlı, organik ve evrimsel bir niteliğe sahip olduğu görülmektedir. Benzer şekilde ekosistemlerdeki değişimler de dinamik, öngörülemez ve evrimsel biçimde gerçekleştiğinden özellikle iktisadi sistemler ile ekosistemlerin yakın ilişki içinde bulunduğu tarım gibi alanların incelenmesinde ABM yaklaşımının diğer modelleme yaklaşımlarına göre bir üstünlüğünün bulunduğu öne sürülebilir.

Öte yandan, ABM yaklaşımının fazlasıyla esnek olması HGD ve KD modellerine kıyasla bir dezavantaj da yaratabilmektedir. Ajan temelli modeller kullanılarak incelenen bir sistemin bileşenlerinin doğru seçilmesi modellemeyi yapan araştırmacı için bir zorluk ortaya çıkarmaktadır. ABM'de kullanılan varsayımlara ve seçilen bileşenlere göre benzetim sonuçları önemli ölçüde değişebilmektedir. ABM yaklaşımının bir başka zayıflığının ise HGD ve KD modellerinin aksine genellenebilir sonuçlar üretememeleri olduğu belirtilmektedir (Turrell, 2016: 180).

Tarım ekonomisi özelinde ajan temelli modeller aracılığı ile arazi kullanımı planlamaları, doğal kaynakların işletimi, gıda arz zinciri kurulumu, su kullanımı yönetimi, epidemioloji gibi konularda analizler yapılabilmektedir (Verwaart, 2014). Örneğin; Oudendag vd. (2014), Avrupa Birliği tarafından 2015 yılı için planlanmış olan süt kotasının kaldırılmasının bireysel mandracıların davranışları üzerindeki etkisini incelemiştir. Happe vd. (2006), çeşitli çerçeve koşulları (makroekonomik çerçeve, çiftçilerin sosyoekonomik özellikleri, teknolojik değişime vb.) altında, tarımsal politika rejimi değişikliğinin yapısal değişim üzerindeki etkisini araştırmıştır. Troost vd. (2012), Güney-Batı Almanya'nın dağlık bir bölgesinin iklim değişikliğine adaptasyonuna dönük bir çalışma yapmış ve iklim değişikliğinin ürün verimi, ekin rotasyon seçenekleri, saha çalışması için uygun zaman üzerindeki etkisi ve iklim değişikliğinden etkilenebilecek dışsal fiyat etkilerini

incelemişlerdir. Berger & Troost (2014), çoklu-ajan sistemlerini (*multi-agent systems - MAS*) iklim değişikliği karşısında politikalar ve arazi kullanım stratejileri geliştirmek için kullanarak MAS'ın belirsizlik analizi için uygun araçlar olduğunu göstermişlerdir.

İlgili yazında ajan temelli modellerden tarımsal su kullanımını çeşitli yönleriyle incelemek için de yararlanılmıştır. Son yıllarda bu yöntemi kullanan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Holtz & Pahl-Wostl (2012), yeraltı sularının asıl kullanımının tarım arazileri sulamalarından kaynaklandığı ve yeraltı sularının sürdürülebilirliği için tohum ya da teknoloji değişikliğine gitmek gereğinden yola çıkarak İspanya'nın Yukarı Guadiana Havzası'nda sulanan tarım arazilerinde, çiftçilerin arazi kullanımı değişikliği ve buna bağlı olarak yeraltı suyunun aşırı kullanımı üzerindeki etkisini ajan-temelli modelleme ile incelemişlerdir.

Arnold, Troost & Berger (2015), ajan-temelli hidro-ekonomik modelleme yöntemi ile Şili'nin Güney-Orta bölgesindeki bir alan için sulama suyunun yeniden kullanılmasının önemini analiz etmişlerdir. Çalışmalarında, sulama yapanların (irrigator) kararlarına ve birbirleri ile etkileşimlerine bağlı olarak kullanılan geri dönüş akışları (return flows) ve fazla sular (surplus waters) olmak üzere iki farklı tipte suyun yeniden kullanımının ekonomik etkisini incelemişlerdir.

Farhadi vd. (2016), İran'ın Fars ilinde bulunan Daryan Akifer'inde yeraltı suyu yönetimi için sürdürülebilir bir çözüm bulmak üzere ajan temelli Nash modelleme çerçevesini geliştirmiştir. Bu kapsamda, sulama suyu açığının azaltılması, su dağıtımında adaletin sağlanması ve yeraltı suyu düzeyindeki düşüşlerin azaltılması hedefleri arasında Pareto optimalite sağlayan bir çözüm araştırılmıştır. Çiftçi eğitimi, teşvikler, cezalar, toplumsal normlar gibi etkenler ajan temelli modellemeye dahil edilmiş, elde edilen optimal çözümler, sosyal koşullar göz önüne alınarak düzeltilmiştir. Araştırmanın bulguları, bulunan optimal çözümün uygulanması sonucunda yeraltından çekilen su miktarının %58,3 azalacağını ve yeraltı suyu düzeyinin yaklaşık 3 metre yükseleceğini göstermektedir.

Cai & Xiong (2017) ise ajan temelli modelleme kullanarak Çin'de çiftçilerin sulama sistemlerinde işbirliği oluşturma süreçlerini incelemişlerdir. Elde ettikleri bulgulara göre bir çiftçinin potansiyel olarak işbirliğine girmesi, işbirliği maliyetinin çiftçinin ödemeye razı olduğu miktarı aşmaması durumunda mümkün olmakta, ayrıca çiftçinin işbirliğine katılma eğilimi kişisel özelliklerine ve komşuluk etkisine bağlı olmaktadır.

Anthony & Birendra (2018), Yeni Zelanda'nın Canterbury bölgesinde tarımsal üretimde kullanılan su miktarının azaltılmasına yönelik bir plan oluşturmak için çeşitli tarım ürünlerinin sulama gereksinimlerini temel alan bir ajan temelli model kullanmıştır. Çalışmanın bulgularına göre sulama suyunun dağıtılmasında ajan temelli model kullanılarak belirlenen ürün öncelikleri uygulandığında üretim miktarı etkilenmeden önemli ölçüde su tasarrufu sağlanabilmektedir.

Ghazali, Honar & Nikoo'nun (2018) İran'ın Fars ilinde bulunan Doroudzan sulama ve drenaj ağındaki su kıtlığı kaynaklı sorunlara çözüm bulmak amacıyla yaptığı çalışmada

yazarlar kullandıkları ajan temelli modelin katsayılarını belirlemek için çok kriterli (demografik, sosyal, ekonomik, kültürel faktörlerin yanı sıra uzman görüşlerini içeren) bir karar verme yönteminden (TOPSIS) yararlanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular, bölgedeki ürün deseninin optimizasyonu sonucunda çiftçilerin su talebinde önemli derecede düşüş sağlanabileceğine işaret etmektedir.

3.2. Model ve Kalibrasyon

Ülkemizde pamuk üretiminde kullanılan sulama yöntemleri; tava, uzun tava ve karık gibi yüzey sulama yöntemleri ile damla ve yağmurlama gibi basınçlı sulama yöntemleridir. Ağırlıklı olarak karık sulama yöntemi tercih edilmekle birlikte su kaynağının yetersiz olduğu durumlarda yağmurlama ve damla sulama yöntemleri daha fazla kabul görmektedir. Bu nedenle modelde sulama sistemi olarak damla sulama ve karık sulama olmak üzere iki tip sulama sistemi ele alınmıştır. Damla sulama sistemi kullanmayı tercih eden ajanın (üreticinin) alan bazlı devlet desteği verilmesi durumunda ne kadar getiri elde edeceği ve buna bağlı olarak üretime devam edip etmeyeceği ve karık sulama yapan üreticinin sulama sistemini değiştirerek damla sulamaya geçip geçmeyeceğinin belirlenmesi modelin odak noktasını oluşturmaktadır. Model çerçevesinde pamuk üreticilerine bir davranış kuralı tanımlanmakta ve çiftçilerin bu kural çerçevesinde davranışlarını nasıl değiştirdikleri gözlemlenmektedir. Dolayısıyla, çiftçiler bir pamuk üretim fonksiyonuna sahip olmadıklarından model bir optimizasyon probleminin çözümüne dayanmamaktadır.

Modelde 3 da, 15 da, 35 da, 74 da ve 130 da arazi büyüklüklerine sahip beş üretici tipi ve bu üreticilerin kullanacakları, damla ve karık sulama olmak üzere, iki sulama sistemi tipi tanımlanmıştır³. Harran'da üretilen pamuk tek tip olduğundan, üreticilerin ürettikleri pamuk tipleri farklılaştırılmamıştır. Karık sulama sistemini kullanan üretici sayısının 97, damla sulama sistemini kullanan üretici sayısının ise 3 olduğu varsayılmıştır⁴.

Harran'da yapılan pamuk üretimi ile ilgili son beş yıllık veri ortalamalarına göre üretim maliyeti 1,99 TL/kg iken üretici fiyatı 1,57 TL/kg olarak gerçekleşmiştir (Tablo 1). Bu durum üreticinin, devlet desteği olmaksızın üretim yapabilmesini olanaksız kılmaktadır.

³ Karaca & Selenay (2001)'in Harran Ovası'nda yapmış oldukları saha çalışmasında temel aldıkları arazi büyüklükleri ve maliyet unsurları veri alınmıştır.

⁴ Toplam pamuk üreticisinin yaklaşık %3'ü damla sulama, %12'si yağmur sulama ve %85'i karık sulama sistemini kullanmakta olup, yapılan araştırmalarda yağmur ve karık sulama sistemleri kullanılan arazilerde elde edilen verimlerin eşit olduğu gözlenmiştir (Karaca & Selenay, 2001). Bu nedenle bu çalışmada yağmur sulama sistemini kullanan üretici sayısı, karık sulama yapan üretici sayısına eklenmiştir. Üretici sayılarının yıllar içinde büyük değişikliğe uğramamış olması nedeniyle toplam üretici sayısının sabit olduğu varsayılmıştır.

Tablo: 1
Yıllar İtibariyle Harran'da Pamuk Üretimi

Yıl	Verim (Kg/da)	Maliyet* (TL/kg)	Üretici Fiyatı (TL/kg)	Sübvansiyon		
				Fark Ödeme (TL/kg)	Mazot Desteği (TL/da)	Gübre Desteği (TL/da)
2013	460	1,71	1,35	0,50	7,0	7,0
2014	488	1,83	1,47	0,55	7,5	7,5
2015	528	1,96	1,32	0,65	7,9	8,25
2016	486	2,10	1,70	0,75		11
2017	478	2,34	1,99	0,80		40
Ortalama	488	1,99	1,57	0,65		19,23

Kaynak: (1) TÜİK.

(2) T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 2017 Yılı Pamuk Raporu, Mart 2018.

* Toplam maliyetin yaklaşık %10'unun sulama maliyeti olduğu varsayılmıştır (Solakoğlu & Eru & Solakoğlu, 2013; Karlı & Kart & Gül & Akpınar, 2017).

** Yıllık ortalama fiyatlar dikkate alınmıştır.

Üreticilerin, pamuk sulamada kullanılan damla sulama ya da karık sulama teknolojilerinden birini seçerek üretime başladıkları varsayılmıştır. Her üreticinin üretime başlayabilmek için

$$BG = R - C + SUB \quad (1)$$

şeklinde ifade edilen belli bir miktar başlangıç getirisine (BG) ihtiyacı olduğu varsayılmıştır. Burada R gelir, C maliyet ve SUB devlet desteğini temsil etmektedir. Gelir

$$R = Y * F * P \quad (2)$$

ve maliyet

$$C = Y * F * c \quad (3)$$

olarak hesaplanmıştır. Y kg/da cinsinden verimi, F dekar cinsinden arazi büyüklüğünü, P TL/kg cinsinden üretici fiyatını ve c TL/kg cinsinden maliyeti temsil etmektedir. Örneğin 15 dekarlık arsaya sahip olan çiftçinin başlangıç getirisi

$$R = 488 * 15 * 1,57 = 11.492,40 TL$$

$$C = 488 * 15 * 1,99 = 14.566,80 TL$$

$$SUB = (488 * 15 * 0,65) + (15 * 19,23) = 5.046,45 TL$$

$$BG = R - C + SUB = 1.972,05 TL$$

olarak hesaplanmaktadır. Başlangıç getirisi ile üretime başlayan üreticiler, her üretim döneminde üretim yaptıkça getiri elde etmektedirler. Üretim dönemi getirisi (ÜDG); başlangıç getirisine ek olarak, gelir ile maliyet arasındaki farka devlet desteğinin eklenmesi ile hesaplanmaktadır. Su tasarruflu sulama sistemine (damla sulama) geçişi özendirmek için

modele 'sulama desteği' olarak adlandırılan bir devlet desteği eklenmiştir⁵. Sulama desteğinin (SD) yalnız damla sulama yapan üreticilere beş dönem boyunca verildiği varsayılmış, bu desteğin sonucunda üreticilerin, su kullanımı açısından daha tasarruflu olan damla sulama sistemine geçiş yapıp yapmayacakları incelenmiştir⁶. Örneğin 3 da arazi sahibi olan ve damla sulama sistemini kullanan üreticinin getirisi ilk beş dönemde

$$\text{ÜDG} = BG + R - C + SUB + SD \quad (4)$$

$$\text{Getiri} = 394 + 2.298,48 - 2.913,36 + 1.009,29 = 788,41 + SD$$

şeklinde, takip eden dönemler için (ve karık sulama sistemini kullanan üreticiler için)

$$\text{Getiri} = BG + R - C + SUB$$

şeklinde hesaplanabilmektedir.

Başlangıç getirisine sahip olan her üretici bir sulama sistemini seçerek üretime başlamakta ve üretim yaptıkça getiri elde etmektedir. Üreticiler her üretim döneminde elde ettikleri getiriye hesaplamakta; ayrıca üretim yaptığı arazi büyüklüğü aynı olan diğer üreticilerin getirilerini gözlemlemekte ve kendi getirileri ile karşılaştırmaktadırlar. Bu karşılaştırma sonucunda kendi getirisinin diğer üreticiden yüksek olduğunu gözlemleyen üreticiler davranışlarını sabit tutmakta, bir başka deyişle kullanmakta olduğu sulama sistemini değiştirmemektedirler. Kendi getirisinin diğer üreticinin getirisinden düşük olduğunu gözlemleyen üreticiler ise gözlemlediği üreticinin davranışını kopyalamakta yani kullanmakta olduğu sulama sistemini değiştirerek diğer sulama sistemine geçmektedirler.

Çalışmadaki model, NetLogo (Wilensky, 1999) ajan temelli benzetim yazılımı kullanılarak çalıştırılmıştır. Harran Bölgesi'ndeki pamuk sulama teknolojilerinin farklı üretici tipleri için maliyetleri incelenmiş, üreticilerin su tasarrufu sağlayan sulama sistemine geçiş süreçleri çözümlenmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

Modelin çalıştırılması sonucunda elde edilen bulgular modelde yer alan arazi büyüklüklerine göre başlangıç getirileri, maliyet farklılıkları ve destekleme miktarlarını içerecek biçimde Tablo 2'de yer almaktadır.

⁵ Üretime başlarken verilen devlet desteği ile karıştırılmaması amacıyla 'sulama desteği' ifadesi kullanılmıştır.

⁶ Modelin amacına uygun olarak üretim sırasında verilen devlet desteğinin sadece damla sulama yapan üreticilere verildiği varsayılmıştır. Üretim desteğinin verildiği süre olan beş üretim dönemi, ajanların öğrenmesi ve yeniden karık sulama sistemine dönmeleri için yeterli olduğu düşünülerek belirlenmiştir. 'Dönem' ifadesi bir üretim dönemini tanımlamaktadır.

Tablo: 2

Arazi Büyüklüğüne Göre Başlangıç Getirisi, Maliyet Oranları ve Destek Miktarları

Arazi Büyüklüğü	3 da		15 da		35 da		74 da		130 da	
	Damla	Karık	Damla	Karık	Damla	Karık	Damla	Karık	Damla	Karık
Sulama Sistemi Tipi	100	4,3	100	97,8	100	88,6	100	88,1	100	142,25
Yıllık Toplam Maliyet*	394,41		1.972,05		4.601,45		9.728,78		17.091,10	
Başlangıç Getirisi (TL)	1.009,29		5.046,45		11.775,05		24.895,82		43.735,90	
Tarımsal Destek Miktarı (TL)	1.009,29		5.046,45		11.775,05		24.895,82		43.735,90	
Getiri	788,82	1.067,63	3.944,10	3.976,15	9.202,90	9.590,38	19.457,56	20.312,73	34.182,20	28.848,32

* Yıllık toplam maliyet belirlenirken Karaca & Selenay (2001)'in yaptığı çalışmadaki görelî maliyet farklılıkları temel alınmıştır. Bu çerçevede, örneğin 3 da arazide pamuk üretimi yapan çiftçinin karık sulama maliyeti, damla sulama maliyetinin %4,3'üne karşılık gelmektedir. 130 da arazi büyüklüğüne sahip üreticiler için damla sulama sistemini kullanmanın maliyeti karık sulama sistemine göre daha düşük olduğu için bu arazi büyüklüğüne sahip üreticilere sulama desteği verilmemiştir.

Model, üreticilere sulama desteği verilmediği varsayımı altında çalıştırıldığında 130 da dışındaki arazi büyüklüğüne sahip üreticilerden karık sulama sistemi kullanan üreticilerin davranış değiştirmedikleri, damla sulama sistemini kullanan üreticilerin ise birinci dönemin sonunda karık sulama sistemine geçtikleri gözlemlenmiştir. 130 da arazi büyüklüğüne sahip karık sulama sistemine sahip üreticilerin birinci dönemin sonunda damla sulama sistemine geçtikleri, damla sulama sistemini kullanan üreticilerin ise, halihazırda daha düşük maliyetle üretim yaptıkları için, davranışlarını değiştirmedikleri gözlemlenmiştir.

Üreticilere sulama desteği verildiği varsayımı altında model çalıştırıldığında elde edilen bulgular en yüksek destek miktarının 3 da araziye (92,93 TL/da), en düşük destek miktarının da 15 da araziye (2,14 TL/da) verilmesi gerektiğini göstermektedir. 35 da ve 74 da arazilere verilen sulama desteği ise sırasıyla 11,07 TL/da ve 11,55 TL/da olarak gerçekleşmiştir.

Bunun yanı sıra, 130 da haricindeki arazi büyüklüğüne sahip olan ve karık sulama sistemini kullanan üreticilerin tamamının en geç ikinci dönemin sonunda damla sulama sistemine geçtikleri, damla sulama sistemi kullanan üreticilerin ise davranışlarını değiştirmedikleri gözlemlenmiştir. 130 da arazi büyüklüğüne sahip karık sulama sistemi kullanan üreticilerin birinci dönemin sonunda damla sulama sistemine geçtikleri, damla sulama sistemi kullanan üreticilerin ise davranışlarını değiştirmedikleri anlaşılmıştır. Damla sulama sisteminin kullanmaları için beş dönem boyunca sulama desteği verilen üreticilerin, beş dönem sonunda sulama desteği kesildiği halde, damla sulama sistemine devam ettikleri bulgusu elde edilmiştir.

Bu bulgular göz önünde bulundurulduğunda Harran bölgesinde damla sulama desteği verilmesi sonucunda pamuk üreticilerinin sulama davranışlarının değiştirilebileceği öne sürülebilir. Özerol & Bressers (2017)'in Harran'daki pamuk üreticilerinin tarımsal-çevresel değişimlere uyum sağlama biçimlerini inceledikleri çalışmalarında ortaya koydukları üzere çiftçiler, aşırı sulamanın tuzlanmaya neden olduğunun ve damla sulamaya geçişin olumsuz etkileri azaltacağına bilincindedirler. Bu duruma rağmen, 2005 yılında sübvansiyonlu kredi uygulamasına başlandığı halde su tasarrufu sağlayacak sulama sistemine geçen çiftçi sayısı oldukça az olmuştur. Bunun nedenleri arasında düşük gelirli çiftçilerin riskten kaçınmaları, arazi işletenlerin çoğu zaman arazi sahibi değil kiracı olmaları ve kira süresi boyunca yatırımın geri dönüşü olmayacağı için bu yatırımı yapmaya gönüllü olmamaları sayılabilir

(Özerol & Bressers, 2017). Bu durum da dikkate alındığında, hem üretici maliyetlerinde hem de bölgedeki tuzlanma sorununun çözümünde önemli bir kazanım elde edilebilmesinin olanaklı hale geleceği öngörülebilmektedir. Ayrıca, damla sulama sisteminin birçok üründe olduğu gibi pamukta da verim artışı sağladığı⁷ göz önünde bulundurulduğunda devlet tarafından sağlanacak sulama desteğinin olumlu etkiler yaratması beklentisi güçlenmektedir. Dolayısıyla, çalışmadaki modelin bulguları yukarıda aktarılan dekar başına destekleme miktarlarına bağlı olarak hem iktisadi hem de çevresel göstergelerde bir iyileşme olasılığını ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, çalışmada ele alınan arazi büyüklerinde üretim yapan pamuk üreticisi sayısı ile ilgili veriye ulaşılamadığından önerilen desteklemenin kamuya toplam maliyeti hesaplanamamıştır. Ayrıca, damla sulamanın ortaya çıkaracağı verim artışına ilişkin veriye de ulaşılamadığından pamuk üreticisinin verim artışından elde edeceği getirinin hesaplanması da mümkün olamamıştır.

5. Sonuç

Bu çalışmada Harran Bölgesinde yapılan pamuk üretimindeki sulama sistemlerinin dönüşüm süreci ajan temelli modelleme kullanılarak incelenmiş, tarımsal su kullanımının düşürülmesi, böylece üretici maliyetlerinin azaltılması ve aşırı su kullanımı kaynaklı çevre sorunlarının en aza indirilmesi için üreticilerin damla sulama sistemine geçmelerini özendirmek amacıyla devlet tarafından verilmesi gereken sulama desteğinin miktarı hesaplanmıştır. Oluşturulan modelde, belirtilen hedefe yönelik olarak üreticilerin davranış değişikliğini sağlamak için damla sulama sistemine geçiş yapan üreticilere belirli bir süre boyunca alan bazlı sulama desteği verilmiş ve üreticilerin davranışlarının ne şekilde değişeceği gözlemlenmiştir. Modelin çalıştırılması sonucunda elde edilen bulgular, sulama desteği alan üreticilerin damla sulama sistemine geçtiklerini, belirli bir üretim dönemi sonunda destek kesilse de daha az maliyetli olan karık sulama sistemine dönmediklerini göstermektedir. Sulama desteği sayesinde damla sulama yapan üretici sayısında artış olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, devlet tarafından pamuk üreticilerine verilecek bir alan bazlı sulama desteğinin Harran'da hem iktisadi hem de çevresel açıdan olumlu gelişmelere kapı aralayabileceği düşünülmektedir.

Harran Bölgesi'nde GAP kapsamında Atatürk Barajı suyunun Harran Ovası'na taşınmasıyla ürün deseninin pamuk lehine gelişmiş olması, bölgedeki sosyoekonomik yapı üzerinde etkili olduğu gibi çevresel bazı etkileri de beraberinde getirmiştir. Söz konusu etkiler, sosyoekonomik açıdan değerlendirildiğinde pamuğun endüstriyel bir ürün olması nedeniyle bölgede tarımı yapılan hububat ve baklagillerle kıyaslandığında daha fazla gelir getirmekte oluşu bölgedeki üreticilerin tarımsal faaliyete devam edebilmelerine katkıda bulunmaktadır. Bölgenin toprak tasarruf biçimi itibariyle Türkiye'deki diğer tarımsal

⁷ Çetin (1996)'dan aktaran Karaca & Selenay (2001).

bölgelerle kıyaslandığında daha adaletsiz bir toprak dağılımına sahip olması, mülk sahipliği bakımından bölgedeki küçük ölçekli işletmeler ile kiracı ve ortakçı statüsündeki üreticiler açısından görece olarak daha düşük bir gelir düzeyine yol açmakta ve bu kişiler açısından tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. TÜİK verilerine göre Harran Ovası'nı içeren Şanlıurfa ili, Türkiye'de 2019 yılı itibarıyla en çok göç veren ilk on il arasında bulunmakta, net göç bakımından ise beşinci sırada yer almaktadır. Bu durumun en önemli nedenlerinden biri olarak bölgedeki geçim olanaklarının yetersizliği gösterilebilir. Bu durumda, bölgede damla sulama sisteminin optimal düzeyde kullanımının küçük işletme sahipleri ile kiracı ve ortakçı üreticiler açısından sağlayacağı verim artışı ile maliyet avantajının pamuk üretiminin bu tip üreticiler açısından sürdürülebilirliğini sağlayarak göç hareketliliğini engelleyici/sınırlayıcı bir işleve sahip olacağı düşünülebilir.

Damla sulama sisteminin doğru ve etkin kullanımının yaratabileceği olumlu çevresel etkiler ise Türkiye genelinde ve bölge özelinde yaygın olan yüzey sulama yöntemlerinin azalmasıyla ortaya çıkacaktır. Bölgede özellikle sulu tarıma geçilmesiyle birlikte aşırı sulama ve gelişmiş drenaj sistemlerinin eksikliği nedeniyle topraktaki tuzluluk oranı önemli ölçüde artmıştır. Aşırı sulamanın önlenmesi halinde ürün veriminde önemli düşüşlerin yaşanması kaçınılmaz olacaktır. Buna ek olarak, gerekli önlemlerin alınmasında gecikilmesi, tuzlanan toprakların kurtarılması için katlanması gereken maliyeti de artırmaktadır. Ayrıca, damla sulama sistemi bitkilerin gübrenmesinde de kullanılabilirdiğinden, aşırı kimyasal gübre kullanımının önüne geçerek bir yandan toprak ve yeraltı sularının kirlenmesini engelleyecek, diğer yandan gübrelemeyle bağlantılı işçilik maliyetleri ile gübre maliyetini düşürerek üreticilerin etkinliğini artırabilecektir.

Bu nedenlerle birlikte ilerleyen yıllarda iklim değişikliğinin etkisinin de giderek artacağı gerçeği, bölgede su tasarrufu sağlayan sistemlerin kurulmasının acil bir gereklilik olduğunu ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- Aküzüm, T. & B. Çakmak & Z. Gökalp (2010), "Türkiye'de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi", *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 67-74.
- Anthony, P. & K.C. Birendra (2018), "Improving irrigation water management using agent technology", *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 61(4), 425-439.
- Arnold, R.T. & C. Troost & T. Berger (2015), "Quantifying the Economic Importance of Irrigation Water Reuse in a Chilean Watershed Using an Integrated Agent-Based Model", *Water Resources Research*, 51, 648-668.
- Arthur, W.B. (2006), "Out-of-Equilibrium Economics and Agent-Based Modeling", içinde: L. Tesfatsion & K.L. Judd (eds.), *Handbook of Computational Economics*, Amsterdam: Elsevier, 1551-1564.
- Berger, T. & C. Troost (2014), "Agent-Based Modelling of Climate Adaptation and Mitigation Options in Agriculture", *Journal of Agricultural Economics*, 65(2), 323-348.
- Cai, J. & H. Xiong (2017), "An agent-based simulation of cooperation in the use of irrigation systems", *Complex Adaptive Systems Modelling*, 5(9), 1-23.

- Chhatwal, J. & T. He (2015), "Economic Evaluations with Agent-Based Modelling: An Introduction", *PharmoEconomics*, 33, 423-433.
- DSİ (2017), *DSİ Genel Müdürlüğü 2017 Faaliyet Raporu*, Ankara: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Farhadi, S. & M.R. Nikoo & G.R. Rakhshandehroo & M. Akhbari & M.R. Alizadeh (2016), "An agent-based-nash modeling framework for sustainable groundwater management: A case study", *Agricultural Water Management*, 177, 348-358.
- Farmer, J.D. & D. Foley (2009), "The Economy Needs Agent-Based Modelling", *Nature*, 460, 685-686.
- Ghazali, M. & T. Honar & M.R. Nikoo (2018), "A hybrid TOPSIS-agent-based framework for reducing the water demand requested by stakeholders with considering the agents' characteristics and optimization of cropping pattern", *Agricultural Water Management*, 199, 71-85.
- Happe, K. & K. Kellerman & A. Balmann (2006), "Agent-Based Analysis of Agricultural Policies: an Illustration of the Agricultural Policy Simulator AgriPolis, its Adaptation and Behavior", *Ecology and Society*, 11(1), 49.
- Holtz, G. & C. Pahl-Wostl (2012), "An Agent-Based Model of Groundwater Over-Exploitation in the Upper Guadiana, Spain", *Regional Environmental Change*, 12, 95-121.
- Karaca, G. & M.F. Selenay (2001), "Harran Ovasında Karık ve Damla Sulama Sistemlerinin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması", *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1), 166-176.
- Karlı, B. & F.M. Kart & M. Gül & M.G. Akpınar (2017), "Cost and Profit Analysis in Cotton Production in Şanlıurfa Province, Turkey", *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 17(2), 207-220.
- Kendirli, B. & B. Çakmak & Y. Uçar (2005), "Salinity in the Southeastern Anatolia Project (GAP), Turkey: Issues and Options", *Irrigation and Drainage*, 54(1), 115-122.
- OECD (2017), *Water Risk Hotspots for Agriculture*, OECD Studies on Water, Paris: OECD Publishing.
- Ouendag, D. & M. Hoogendoorn & R. Jongeneel (2014), "Agent-Based Modeling of Farming Behavior: A Dutch Case Study on Milk Quota Abolishment and Sustainable Dairying", *14th EAAE Congress*, Ljubljana.
- Özerol, G. & H. Bressers (2017), "How Do Farmers Align with the Agri-Environmental Changes in Irrigated Agriculture? A Case Study From the Harran Plain, Turkey", *Irrigation and Drainage*, 66, 45-59.
- Özudođru, T. (2017), *Pamuk Durum ve Tahmin: 2017/2018*, Ankara: Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- Riccetti, L. & A. Russo & M. Gallegati (2015), "An Agent Based Decentralized Matching Macroeconomic Model", *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 10(2), 305-332.
- Solakoğlu, E.G. & S. Er & M.N. Solakoğlu (2013), "Technical Efficiency in Cotton Production: The Role of Premium Payments in Turkey", *Transition Studies Review*, 20, 285-294.
- T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü (2018), *2017 Yılı Pamuk Raporu*, Mart 2018, Ankara.
- Telatar, E. & Ş. Türkmen & Ö. Teoman (2002), "Pamuk Borsalarında Oluşan Fiyatların Etkinliği", *DEÜ İİBF Dergisi*, 17(2), 55-75.

- Troost, C. & G. Calberto & T. Berger & J. Ingwersen & E. Priesack & K. Warrach-Sagi & T. Walter (2012), "Agent-Based Modeling of Agricultural Adaptation to Climate Change in a Mountainous Area of Southwest Germany", *2012 International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a Limited Planet*, Leipzig.
- Turrell, A. (2016), "Agent-Based Models: Understanding the Economy from the Bottom Up", *Bank of England Quarterly Bulletin 2016 Q4*, <<https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/quarterly-bulletin/2016/agent-based-models-understanding-the-economy-from-the-bottom-up.pdf?la=en&hash=66A41463EC6EBCDD4B040AA27A8DF7929387A5B6>>, 02.07.2020.
- Verwaart, T. (2014), "Agent-Based Modelling and Simulation for Agricultural Policy", *Natural Resources and Agricultural Economics, 3rd International Conference*, Ulaanbaatar.
- Wilensky, U. (1999), *NetLogo*, <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>>, 15.02.2019.
- Yeni, O. & Ö. Teoman (2020), "The Agriculture-Environment Relationship and Environment-based Agricultural Support Instruments in Turkey", *European Review*, 1-25.
- Yiğitbaşoğlu, H. (2000), "Türkiye'de Tarım Topraklarının Kullanımında Yapılan Başlıca Yanlışlıklar ve Bunlara Bir Örnek: Eskişehir", *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 40(3-4), 3-12.

Yeni, O. & Z. Yener-Gök & Ö. Teoman (2020), "Harran Bölgesi Pamuk Üretiminde Tarımsal Sulama Sistemlerinin Dönüşümü: Ajan Temelli Bir Modelden Çıkarımlar", *Sosyoekonomi*, Vol. 28(45), 265-279.