

Traktör Çalışabilme Zamanına Ait Güven Aralığının Duyarlık Analizi

Cevdet SAĞLAM¹Mustafa VATANDAŞ¹

Geliş Tarihi : 12.07.2002

Özet: Bu çalışmada iklim parametrelerine bağlı olarak traktörün tarlada çalışabilme zamanına ait ortalamanın güven aralığı içinde duyarlık analizi yapılmıştır. Şanlıurfa-Harran koşullarındaki bir model işletme için yapılan analizlerde doğrusal programlama tekniğinden yararlanılmıştır. Sonuçta çalışılabilir zaman değişkenine ait sapmadaki artışın, işletmenin yıllık toplam brüt karı parametresinin duyarlılığını azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca model işletmede traktörün çalışabilme zamanındaki değişime karşı en duyarlı olan ürünün buğday olduğu, pamuk ve ikinci ürün mısırın ise bundan etkilenmediği görülmüştür. Buradan traktörle gerçekleştirilen mekanizasyon işlemlerindeki artışın, çalışabilme zamanına karşı duyarlılığı artırdığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: duyarlık analizi, traktörün çalışabilme zamanı, doğrusal programlama

Sensitivity Analysis on Confidence Interval of Workable Time for Tractor

Abstract: In this study, sensitivity analysis on mean's confidence interval of workable time for tractor based on climatical parameters was performed. Linear programming technique was used for analysis done for a model farm in Şanlıurfa-Harran conditions. It was determined that increasing declination in workable time variable was decreased sensitivity of farm gross profit parameter. It was also observed that wheat was the most sensitive crop against changes in workable time of tractor while cotton and second crop corn were not sensitive. Finally, it was concluded that number of machine operations were increased sensitivity against tractor workable time.

Key Words: sensitivity analysis, workable time of tractor, linear programming

Giriş

Tarım makineleri işletmeciliğine ait model çalışmalarının pek çoğunda traktörün tarlada çalışabilme süresi, model değişkenlerinin alacağı değerler üzerinde büyük oranda etkilidir. İklim parametrelerine göre belirlenen çalışılabilir gün sayıları (number of workable days), traktör ve tarım makinelerinin sayılarını, büyüklüklerini ve işletmenin ürün desenini doğrudan etkileyen bir faktördür. Mekanizasyon planlamasında zaman kısıtlı model yaklaşımı olarak da bilinen bu analizlerin tümünde, bitkilerin tarla işlemleri belirli bir takvime göre yürütülmekte; öngörülen işlemlerin mevcut makina setiyle tamamlanabilmesi için zamanın yeterli olması gerekmektedir. Bu yönüyle yağmur yağışı, kar yağışı, günlük ortalama hava sıcaklığı gibi meteorolojik faktörler, traktörün tarladaki çalışma zamanını kısıtlamaktadır.

Meteorolojik parametrelere ait uzun yıllar verilerinin belirlenmiş işlem periyotlarına göre değerlendirilmesi, çeşitli matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak, önce aritmetik ortalama hesaplanmakta ve belirli bir tasarım olasılığı düzeyi (probability level, p) için ortalamanın güven aralığı (confidence interval) belirlenmektedir. Bu yolla bilimsel bir çalışılabilir zaman değeri elde edilebilmektedir (Anonim 1996, Hunt 1983, Vatandaş 1987).

Bir yöre için belirli bir periyoda ait günlük meteorolojik gözlemlerin, uzun yıllar boyunca oluşturduğu popülasyona ait ortalamanın tahmini; ancak belirli bir hata payıyla

yapılabilmektedir. Bu popülasyondan alınan bir örneğin ortalamasının belirli bir güven aralığı içinde tanımlanmış olması, popülasyon ortalamasının da bu aralıkta ve örnek ortalamasına çok yakın olmasını öngörmektedir. Buna göre n<20 (yıl) gibi küçük örnekler için, ortalama tahmininin güven aralığı;

$$[\bar{A} - t_{(p)} \cdot S_{\bar{A}}] < \mu < [\bar{A} + t_{(p)} \cdot S_{\bar{A}}]$$

ya da

$$\mu = \bar{A} \pm t_{(p)} \cdot S_{\bar{A}}$$

şeklinde belirlenmektedir. Burada,

μ : popülasyonun aritmetik ortalaması,
 \bar{A} : örnek değerlerinin aritmetik ortalaması,
 $t_{(p)}$: belirli bir tasarım olasılığı (p) ve serbestlik derecesi için verilen Student t istatistiğinin değeri,
 $S_{\bar{A}}$: örnekten hesaplanan aritmetik ortalamasının standart hatasıdır.

Örnekten hesaplanan aritmetik ortalamasının standart hatası ise,

$$S_{\bar{A}} = S_A / n^{1/2}$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır (Dally ve ark. 1993, Ergün 1995). Bu eşitlikte,

S_A : örnek ortalamasının standart sapması,
 n : örnekte yer alan gözlem yıllarının sayısıdır.

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak., Tarım Makinaları Bölümü-Ankara

Verilen eşitlikler örneğe ait aritmetik ortalamanın sapma gösterebileceği bir alt (lower confidence limit, LCL) ve üst sınır (upper confidence limit, UCL) tanımlamakta olup, yapılan bazı çalışmalarda alt güven sınırı değeri kullanılmaktadır. Ancak bazı durumlarda oldukça geniş bir aralıkta sapma gösterebilen ortalamaya ait güven sınırının bu şekilde alınması, çalışılabilir süre üzerinde fazladan kısıtlayıcı bir etkiye sahip olabilmektedir. Özellikle iklim faktörlerinin kısıtlılığı yönünden düşük elastikiyete sahip yöre veya bölgelerde, bu aralık içinde olabildiğince uzun süre çalışmak, kapasite kullanımını ve ekonomikliğini artıracaktır. Bu nedenle geliştirilen bir modelin, çalışılabilir zamana ait hatanın belirlendiği bu aralık içinde ne kadar duyarlı olduğunun bilinmesi gereklidir. Bu çalışmada belirtilen amaca dönük bir duyarlık analizinin yöntemi açıklanmış ve uygulamadan alınan verilerle oluşturulmuş bir modelden elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Bu yolla çalışılabilir zaman parametresinin değişim aralığının, model çıktıları üzerindeki etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bir modelin duyarlık analizi (sensitivity analysis), genel olarak giriş değişkenleri veya parametrelerindeki değişimlere modelin verdiği cevabın (çıkıntının) belirlenmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Elston 1990, Kocabaş 1993). Bu yöntem özellikle modelin zayıf noktalarının belirlenmesinde kullanışlıdır. Modelin içerdiği varsayımların neden olabileceği hataların, model çıktıları üzerindeki potansiyel etkileri de bu analizle ortaya konulabilmektedir.

Duyarlık analizinin kullanımıyla modele ait optimum çözümün sağlamlığı (robustness) test edilebilmekte, alternatif optimum çözümler araştırılabilmekte, şartlara bağlı esnek önerilerde bulunulabilmekte, senaryo riskleri belirlenebilmekte, model sadeleştirilebilmekte ve sistemin anlaşılması kolaylaştırılabilmektedir (Pannel 1997).

Duyarlık analiziyle ilgili ilk çalışmalar ekonomi alanında olup, mühendislikte kullanımı yenidir. Yöntem özellikle mühendislik ekonomisi disiplininde proje değerlendirme ve fizibilite çalışmalarının hazırlanmasında mal kıymetlendirme işlemlerinde uygulanmaktadır (Işık 1999). Diğer yandan çoğu yatırım ve işletme kararlarında minimum cazip kazanç oranı (minimum attractive rate of return) önem taşımakta ve bu değer üzerinde etkili parametrelerdeki değişimin ortaya konulması gerekmektedir. Bu yönüyle duyarlık analizi oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir (White ve ark. 1989).

Parametre tahminlerinde duyarlık analizinin uygulanması şu aşamalardan oluşmaktadır (Blank ve Torquin 1998):

1. Tahmin değerini etkileyebilecek değişken veya değişkenlerin ve bunların en uygun değerlerinin belirlenmesi,
2. Her bir değişken için olası değişim aralığının ve artış miktarının belirlenmesi,
3. Seçilmiş değişkenlere ait değerlerin hesaplanması,
4. Her bir değişken için temel alınan değerlere göre sonuçların hesaplanması,
5. Sonuçların yorumlanması, değişkenin değer ölçüsüne göre grafiksel gösterim.

Ciolkosz ve ark. (2002) çalışmalarında bitki yetiştirme ortamları için en uygun aydınlatma sisteminin seçimi amacıyla bir model geliştirmişlerdir. Bir sera işletim senaryosu için çalıştırdıkları modelde, alternatif aydınlatma sistemlerinin faydasını (utility, U) 0...1 aralığında ifade etmişlerdir. Hesapladıkları fayda değerinin en iyi sistemin seçimi için kullanışlı bir gösterge olduğunu belirterek, elde ettikleri sonuçların duyarlığını Şekil 1'deki gibi vermişlerdir. Şekilde yatay eksene her bir parametrenin yüzde değişimini, düşey eksene ise bu değişimlere karşılık gelen U değerlerini işaretlemişlerdir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada Şanlıurfa-Harran yöresinde bulunan bir model işletmenin meteorolojik ve ekonomik verileri ile makina kullanım eğilimleri göz önüne alınmıştır. Söz konusu veriler yörede yapılan anket çalışmalarının yanında, deneysel çalışmalardan derlenmiştir. İşletme karını maksimize edecek doğrusal programlama modelinde amaç fonksiyonu,

$$Z_{\max} = \sum C_i \cdot X_i$$

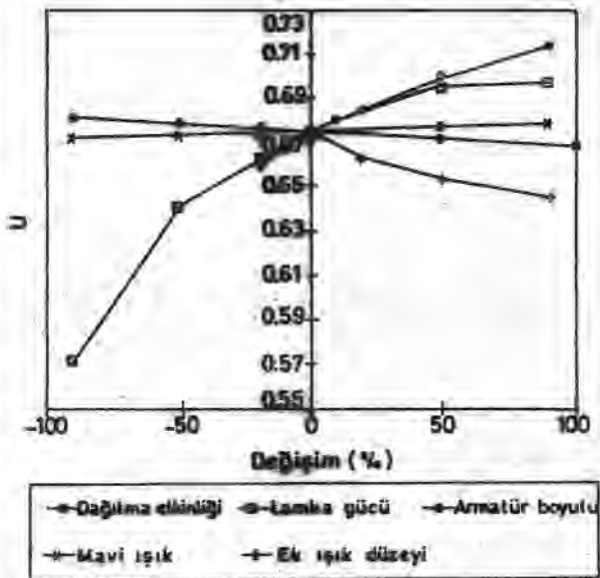
şeklinde oluşturulmuştur. Burada,

Z_{\max} : işletmenin maksimize edilmiş toplam brüt karı (USD),

C_i : i bitkisinden elde edilen ürüne ait brüt kar (USD/ha),

X_i : i bitkisinin ekim alanı (ha)'dır.

İşletmede gerçekleştirilecek tarla tarımına ait tüm işlemlerin bir Fiat 80-66 traktörüyle yapılması planlanmıştır. Bu traktör tarafından çalıştırılan makina setinde; 3 gövdeli kulaklı pulluk, 9 ayaklı kültüvator, 4 sıralı çapa makinası, 4 sıralı sıra bitkisi ekim makinası, 18 diskli diskaro, tapan, kürekli tip sedde makinası, ark pulluğu, tarla pülverizatörü, 20 sıralı kombine tahıl ekim makinası,



Şekil 1. Optimum aydınlatma sisteminin seçimine ilişkin duyarlık analizi sonuçları (Ciolkosz ve ark. 2002).

santrifüj gübre dağıtıcısı ve 4 tonluk tarım arabası yer almaktadır. Bu makina setine ait yıllık sabit giderler 5 729.-USD olarak belirlenmiştir. Sabit giderler içinde doğru hat yöntemiyle hesaplanmış amortisman, faiz, sigorta ve koruma giderleri bulunmaktadır. Diğer yandan modelde yer alan kısıtlar, traktör çalışma zamanı kısıtları, agroteknik isteklerden ve pazarlama koşullarından kaynaklanan kısıtlar şeklinde ifade edilmiştir. Traktör çalışma zamanına ilişkin kısıtlar, her bitkinin tarımsal işlemlerine ait traktör saati taleplerinin, iş azamisi gösteren periyotları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Buna göre, 20 Ekim-30 Kasım (I.Dönem), 10 Nisan-5 Mayıs (II.Dönem) ve 1 Haziran-15 Temmuz (III.Dönem) iş azamisi dönemleri elde edilmiştir. Her bir dönem için traktör çalışma zamanı kısıtları,

$$\sum T_{ij}, X_i \leq K_j$$

şeklindeki denklemlerle ifade edilmiştir. Bu denklemlerde,

T_{ij} : i bitkisinde j dönemi için talep edilen traktör çalışma zamanı (h/ha),
 X_i : i bitkisinin ekim alanı (ha),
 K_j : j dönemine ait traktörün çalışabildiği toplam zaman (h)'dir.

Diğer yandan işletmeye ait ekilebilir arazi büyüklüğü kısıtı da,

$$\sum X_i \leq A$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada,

X_i : i bitkisinin ekim alanı (ha),

A : işletmenin toplam ekilebilir arazisi (ha)'dir.

Modelde kullanılan karar değişkenleri sırasıyla X_1 : pamuk, X_2 : buğday, X_3 : buğday+ikinci ürün mısır, X_4 : domates, X_5 : biber ve X_6 : patlıcan bitkilerine ait ekim alanı büyüklüklerini (ha) göstermektedir. Karar değişkenlerinin amaç fonksiyonu ve kısıt denklemlerindeki katsayıları, arazi büyüklük gruplarına göre Çizelge 1'de verilmiştir. Diğer yandan bitkilerin agroteknik istekleri ve pazarlama koşulları yönlerinden modele eklenen kısıtlar da,

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 0,5A \\ X_2 &\leq 0,5A \\ X_3 &\leq 0,2A \\ X_4 + X_5 + X_6 &\leq 0,1A \end{aligned}$$

şeklinde dir.

Traktör çalışma zamanına ilişkin değerler, yöresel meteoroloji istasyonundan alınan 20 yıllık yağmur ve kar yağışı gözlemleri ile günlük ortalama hava sıcaklığı verilerinden elde edilmiştir. İlgili iş azamisi dönemlerinde yer alan herhangi bir günün çalışılabilir olması,

1. En son günde saptanan yağmur yağışı miktarı $\leq 2,5$ mm,
2. Bir gün önceki yağmur yağışı miktarı $\leq 5,1$ mm,
3. İki gün önceki yağmur yağışı miktarı $\leq 7,6$ mm,
4. Günlük ortalama hava sıcaklığı $\geq 4,4$ °C,
5. Kar yağışı miktarı = 0 mm,
6. Önceki haftada saptanan yağmur yağışı toplamı $\leq 12,7$ mm

koşullarına göre değerlendirilmiştir (Vatandaş 1987). Elde edilen ortalama değerlerden, istatistiksel analiz sonucundastandard hata hesaplanmıştır. Ortalamanın güven aralığı ise, farklı tasarım olasılığı ($p=0,5, 0,7, 0,8, 0,9$ ve $0,95$) düzeyleri için belirlenmiştir. Çalışma zamanının hesaplanmasında ise I. dönemde 8 h/gün'lük, II. ve III. dönemlerde 10 h/gün'lük süreler esas alınmıştır. Çizelge 2'de istatistiksel analiz sonuçları verilmiştir.

Meteorolojik parametrelere göre belirlenen çalışılabilir zaman değerleri, tüm tasarım olasılığı düzeylerini içerecek ve ortalama etrafında eşit olarak dağılacak şekilde I. dönem için 172,08-223,92 h, II. dönem için 171,6-221,4 h aralığında ve III. dönem için de 421,4-448,6 h aralığında 10'a bölünerek değiştirilmiştir. Duyarlık analizinde, yapılan bu değiştirme işlemlerine tedirginlik (tedirgi) yöntemi (perturbation method) denilmekte olup; sistemlerin niteliklerini değiştirmeden biraz etkileme sonucu durum değişimi elde etme olarak tanımlanmaktadır (Anonim 1980, 1983).

Çalışılabilir zaman parametresine ait değişimler sonucunda elde edilen Z_{max} ve X_i çıktılarının duyarlığı

$$S_m = \Delta \Psi_m / \Delta Y_{im}$$

$$\Delta \Psi_m = |\Delta \xi_m| / \xi_o$$

$$\Delta Y_{im} = |\Delta X_{im}| / X_{io}$$

$$RS_m = RS_{m-1} + S_m$$

formül seti kullanılarak hesaplanmıştır (Wedwick ve ark. 2001, Zerihun ve ark. 1996). Burada,

S_m : bağıl duyarlık,
 $\Delta \xi_m$: m. değişikliğe (tedirgi) ait çıkış değişkenlerinin değerleri arasındaki fark,
 ξ_o : çıkış değişkenlerinin optimum değeri,
 ΔX_{im} : bağımsız değişkenlerin sırasına göre m. değişikliğe ait giriş parametrelerinin değerleri arasındaki fark,
 X_{io} : parametrenin optimum değeri,
 RS_m : m. değişikliğe ait birikimli bağıl duyarlık,
 RS_{m-1} : (m-1). değişikliğe ait birikimli bağıl duyarlıktır.

Birikimli bağıl duyarlığın değerlendirilmesinde ise Çizelge 3'te verilen skala kullanılmıştır.

Diğer yandan çıktı değerlerinin değişim genişliği (elastikiyeti) hakkında fikir sahibi olmak amacıyla hesaplanan duyarlık indeksi (sensitivity index, SI) değerleri de,

$$SI = (D_{max} - D_{min}) / D_{max}$$

eşitliği yardımıyla bulunmuştur (Pannel 1997). Bu eşitlikte,

SI : duyarlık indeksi,

D_{max} : parametrenin maksimum değeri için elde edilen çıktı,

D_{min} : parametrenin minimum değeri için elde edilen çıktıdır.

Çizelge 1. Arazi büyüklük gruplarına göre amaç fonksiyonu ve kısıt denklemlerinde yer alan katsayılar

Arazi büyüklüğü (ha)	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
5,0-15,5	C ₁ (USD)					
	1032,4	663,2	1121,4	3048,1	3099,1	3284,3
	T ₁₁ (h/ha)					
	2,91	4,18	4,18	-	-	-
	T ₁₂ (h/ha)					
	2,84	0,76	0,76	4,82	4,82	4,82
15,6-22,5	C ₁ (USD)					
	1292,2	597,3	-	3384,8	3474,7	-
	T ₁₁ (h/ha)					
	2,91	4,18	-	-	-	-
	T ₁₂ (h/ha)					
	2,84	0,76	-	4,82	4,82	-
22,6-60,0	C ₁ (USD)					
	1261,4	526,8	1107,4	-	-	-
	T ₁₁ (h/ha)					
	2,91	4,18	4,18	-	-	-
	T ₁₂ (h/ha)					
	2,84	0,76	0,76	-	-	-

Çizelge 2. Meteorolojik verilerin istatistiksel analiz sonuçları

Dönem		I	II	III
Takvim günü		42	26	45
Ā	gün	24,75	19,65	43,5
	h	198,0	196,5	435,0
S _A	gün	1,55	1,19	0,65
	h	12,4	11,9	6,5
±t _(p) · S _A (h)	p=0,50	8,56	8,20	4,50
	p=0,70	13,20	12,70	6,90
	p=0,80	16,48	15,80	8,60
	p=0,90	21,44	20,60	11,20
	p=0,95	25,92	24,90	13,60

Çizelge 3. Birikimli bağıl duyarlık (RS) değerlerinin değerlendirme skalası (Zerihun ve ark. 1996)

Değişim	Sembol	Değerlendirme
RS ≤ 0,10	N	Duyarsız
0,10 < RS ≤ 0,50	L	Düşük derecede duyarlı
0,50 < RS ≤ 2,0	M	Orta derecede duyarlı
2,0 < RS ≤ 5,0	H	Yüksek duyarlı
5,0 < RS	V	Çok yüksek duyarlı

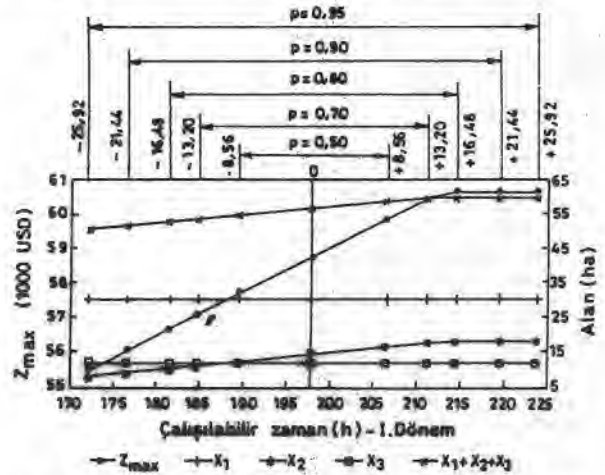
Oluşturulan doğrusal programlama modeli, farklı arazi büyüklüğü değerlerine göre her tediği için ayrı ayrı olmak üzere; bir bilgisayar paket programı kullanılarak çözümlenmiştir. Bu yolla amaç fonksiyonu ve karar değişkenlerinin değerleri elde edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

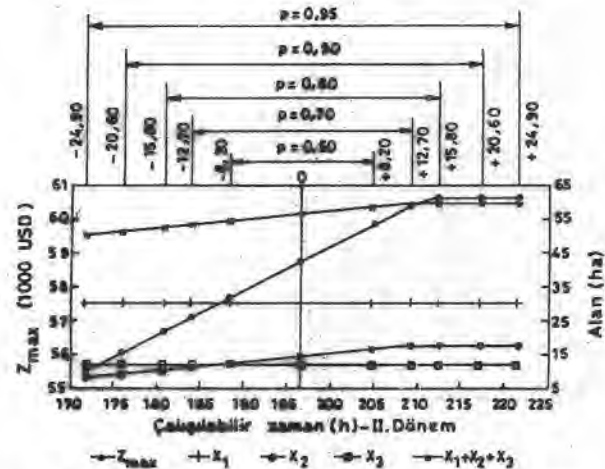
Yapılan analizler sonucunda, iş azamisi dönemlerinde 60 ha'lık arazi büyüklüğü için elde edilen çıktılar Şekil 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Şekillerde yatay eksenler tüm tasarım olasılığı düzeylerini içerecek şekilde çalışılabilir zaman değerleriyle oluşturulmuştur. Ayrıca şekillerin üst kısmında tasarım olasılığına göre belirlenen, ortalamanın güven aralığı ($\bar{A} \pm t_{(p)} \cdot S_A$) değerleri işaretlenmiştir.

Yapılan model çözümlenmeleri ve şekiller göz önüne alınarak,

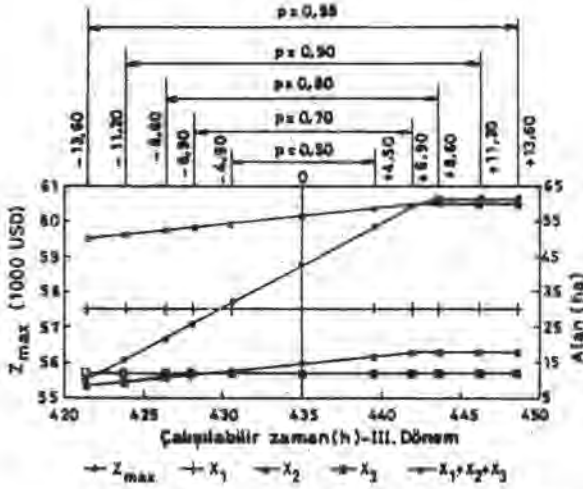
1. 5,0-15,5 ha'lık ekilebilir arazi büyüklüğü grubunda, kullanılan traktör ve makina setinin kapasitesi işletmeler için yeterlidir. Başka bir deyişle tüm tasarım olasılığı düzeylerinde, traktörün tarlada çalışma zamanı yönünden herhangi bir kısıtlılık belirlenmemiştir. Sonuç olarak geliştirilen model, 5,0-15,5 ha'lık arazi büyüklüğü grubunda; çalışılabilir zaman parametresine duyarlı değildir. Bu grupta A=5,0 ha için Z_{max}= 6008.- USD, A=15,5 ha için Z_{max}= 18 624.- USD olarak bulunmuştur.



Şekil 2. I. dönem için elde edilen çıktılarının değişimi (A=60 ha)



Şekil 3. II. dönem için elde edilen çıktılarının değişimi (A=60 ha).



Şekil 4. III. dönem için elde edilen çıktılarda değişimi (A=60 ha).

2. 15,6-22,5 ha'lık ekilebilir arazi büyüklüğü grubunda da yukarıdaki benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu grupta A=22,5 ha için Z_{max} , 27 731.- USD değerine ulaşmaktadır.

3. 22,6-60,0 ha'lık arazi büyüklüğü grubunda ise, A=49,0 ha değerinden itibaren zaman yetersizlikleri başlamıştır. Bu arazi büyüklüğünde $p=0,95$ 'lik tasarım olasılığı düzeyinin alt güven sınırı için elde edilen bu durum, A değeri artıca daha da belirginleşmektedir. Örneğin A=55,0 ha'lık arazi büyüklüğünde, çalışma zamanı gereksinimi ancak $p=0,50$ 'lik tasarım olasılığı karşılanabilmektedir. Bu da iklim faktörleri karşısında herhangi bir işin tamamlanamama riskinin artması anlamına gelmektedir.

4. A=60,0 ha'lık ekilebilir arazi büyüklüğü değerinde ise, çalışmanın limit sonuçları elde edilmiştir. Burada $p=0,80$ 'lik tasarım olasılığı düzeyinin üst güven sınırına değin, çalışılabilir zaman veya makina kapasitesi, arazinin tamamına ait işlemleri yapabilmek için yeterli olmamaktadır. Örneğin $p=0,95$ 'lik tasarım olasılığının alt güven sınırına ait çalışılabilir zaman değerinde, arazinin ancak 50,28 ha'lık bölümüne ait işlemler tamamlanabilmektedir. Bu durumda $Z_{max}=55 494$.- USD olarak elde edilirken, arazinin tümünün ekilebilmesi durumunda ise bu değer 60 613.-USD olmaktadır. Diğer bir deyişle, yalnızca I. dönem için 40,62 h'lik ek çalışma süresi veya makina iş başarısındaki artış, işletmenin brüt karını 5 119.- USD artırmaktadır. Şekil 2, 3 ve 4'te çalışılabilir zaman parametresinin değişmesine karşılık, X_1 ve X_3 değerlerinin hiç değişmediği görülmektedir. Buna göre A=60,0 ha'lık arazi büyüklüğünde ve kullanılan tasarım olasılığı düzeylerinde, bu değişkenlerin çalışılabilir zaman parametresine duyarsız oldukları belirlenmiştir.

Bağıl duyarlığın (S_m) belirlenmesine dönük analizlerden elde edilen sonuçlar ise Çizelge 4'te görülmektedir. Çizelge verileri bağıl duyarlık yönünden en

yüksek değerlere III. dönemde ulaşıldığını göstermektedir. Gerçekten de pamukta çapalama, buğdayda hasat ve taşıma, ikinci ürün mısırdaki ise toprak hazırlığı ve ekim işlemlerinin yapıldığı bu dönemde, X_1 ve X_3 karar değişkenlerine ait talebi (h/ha) belirten katsayılar, diğerlerine göre daha yüksektir. Ayrıca tasarım olasılığı düzeyinin artışıyla, bağıl duyarlığın genel olarak azaldığı da görülmektedir. Bunun nedeni tasarım olasılığı düzeyindeki artışın, ortalamaya ait güven aralığını genişletmesidir. Benzer değişimler birikimli bağıl duyarlık (RS) göstergesinde de belirlenmiş olup, buna ait sembolik gösterim Çizelge 5'te verilmiştir.

Çıktı verilerinin duyarlık indeksi değerleri ise A=60,0 ha arazi büyüklüğünde Z_{max} için $Sl_{Z_{max}}=0,0844$, X_1 karar değişkeni için $Sl_{X_1}=0$, X_2 karar değişkeni için $Sl_{X_2}=0,54$ ve X_3 karar değişkeni için ise $Sl_{X_3}=0$ olarak bulunmuştur. Burada Sl_{X_2} değerinin oldukça yüksek oluşu, yörede buğday tarımının mekanizasyon düzeyinin pamuk ve ikinci ürün mısıra oranla daha yüksek oluşundan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle buğday üretimi, traktörün çalışılabilir zamanındaki değişimlere daha duyarlıdır. Pamuk ve ikinci ürün mısırdaki elle yapılan işlemlerin oransal çokluğu, traktörün çalışma zamanına karşı belirlenen koşullar için duyarlı olmadığını göstermektedir.

Sonuç

İklim parametrelerinin traktörün çalışılabilir zamanı üzerindeki etkisi, tarımsal geliri etkileyen önemli bir faktördür. Bu faktörün etkisinin belirlenmesi, riski önceden tahmin etme ve önlem alma şansını verebilmektedir. Çalışmanın bulguları, çalışılabilir zaman parametresine ait ortalamanın güven aralığındaki genişlemenin (hata artışının); traktörün çalışma zamanına ait duyarlığı azalttığını ortaya koymuştur. Buna karşılık ise üretimde traktörün daha fazla kullanıldığı ürün cinslerinde, zamansal duyarlığın daha yüksek olduğu sonucu elde edilmiştir.

Çizelge 4. Z_{max} değerlerindeki değişimin bağıl duyarlığı (A=60 ha).

P	I.Dönem		II.Dönem		III.Dönem	
	LCL	UCL	LCL	UCL	LCL	UCL
	S_m					
0,50	0,412	0,412	0,427	0,427	1,728	1,728
0,70	0,412	0,412	0,421	0,421	1,748	1,748
0,80	0,411	0,000	0,432	0,000	1,744	0,000
0,90	0,410	0,000	0,422	0,000	1,722	0,000
0,95	0,412	0,000	0,425	0,000	1,687	0,000

Çizelge 5. Z_{max} değerlerindeki değişimin birikimli bağıl duyarlığı (A=60,0 ha)

p	I.Dönem		II.Dönem		III.Dönem	
	LCL	UCL	LCL	UCL	LCL	UCL
	S_m					
0,50	H	H	H	H	V	V
0,70	M	H	M	H	V	V
0,80	M	H	M	H	V	V
0,90	M	H	M	H	H	V
0,95	L	H	L	H	M	V

Kaynaklar

- Anonim, 1980. Uygulayım Terimleri Sözlüğü. Türk Dil Kurumu, 213 s., Ankara.
- Anonim, 1983. Fizik Terimleri Sözlüğü. Türk Dil Kurumu, 338 s., Ankara.
- Anonim, 1996. GAP Bölgesinde Tarımsal Mekanizasyon Gereksinimleri Etüdü Projesi Sonuç Raporu. T.C. Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 5-55 s., Ankara.
- Blank, L. T., and A. J., Torquin, 1998. Engineering Economy. McGraw-Hill, 722 p., U.S.A.
- Ciolkosz, D. E., L. D. Albright, J. C. Sager and R. W. Langhans, 2002. A model for plant lighting system selection. Transactions of the ASAE, 45 (1) 215-221.
- Dally, J. W., W. F. Riley and K. G. McConnell, 1993. Instrumentation for Engineering Measurements. John Wiley & Sons, Inc., 584 p., New York.
- Elston, D. A. 1990. An Introduction to Mathematical Modelling. University of Edinburgh, Scottish Agricultural Statistics Service, 37 p., Edinurgh.
- Ergün, M. 1995. Bilimsel Araştırmalarda Bilgisayarla İstatistik Uygulamaları. Ocak Yayınları, 292 s., Ankara.
- Hunt, D. 1983. Farm Power and Machinery Management. Iowa State University Press, 352 p., Ames.
- İşık, A. 1999. Mühendislik Ekonomisi. Birsen Yayınevi, 319 s., İstanbul.
- Kocabaş, Z. 1993. Sensitivity of Crop Models to Climate Variables and Modelling Techniques. PhD Thesis, University of Nottingham, Department of Environmental Science, 167 p., Leicestershire.
- Pannel, D. J. 1997. Sensitivity analysis of normative economic models: Theoretical framework and practical strategies. Agricultural Economics, 16, 139-152.
- Vatandaş, M. 1987. Ankara Koşullarında Sulanabilir 10 Hektarlık Bir Tarım İşletmesi İçin En Uygun Mekanizasyon Modelinin Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, 87 s., Ankara.
- Wedwick, S., B. Lakhan, J. Stone, P. Waller and J. Artiola, 2001. Development and sensitivity analysis of the GLEAMS-IR model. Transactions of the ASAE, 44 (5) 1095-1104.
- White, J. A., M. H. Agee and K. E. Case, 1989. Principles of Engineering Economic Analysis. John Wiley & Sons, Inc., 588 p., New York.
- Zerihun, D., J. Feyen and J. M. Reddy, 1996. Sensitivity analysis of furrow-irrigation performance parameters. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1996 (1) 49-57.

İletişim adresi :
Mustafa VATANDAŞ
Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü – Ankara
Tel : 0-312-3170550/1664
Fax : 0-312-3183888
E.mail: mustafavatandas@hotmail.com