

Standart Traktörlerde Kuyruk Mili Gücünün Tahmini İçin Karşılaştırmalı Bir Model Çalışması

Mustafa VATANDAŞ¹

Geliş Tarihi: 08.02.2002

Özet: Bu çalışmada standart traktörlerde kuyruk mili gücünün dolaylı yöntemle tahmini için analitik bir model (M2) geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modelin performansı, Sumner ve ark. (1986) tarafından kuyruk mili gücünün tahmini için önerilen modelle (M1) karşılaştırılmıştır. Model denklemleri, M1 için $Kuyruk\ mili\ gücü = f [Saatlik\ yakıt\ tüketimi, (Saatlik\ yakıt\ tüketimi)^2]$, M2 için ise $Kuyruk\ mili\ gücü = f (Motor\ devir\ sayısı, Saatlik\ yakıt\ tüketimi)$ şeklindedir. Model geliştirmede ve analizde, Türkiye'de kullanılan 19 farklı standart traktörün OECD Standart Test Koduna göre yapılmış deney verileri esas alınmıştır. Bu amaçla matematiksel ve istatistiksel yöntemlerden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, M2 modelinin M1 modeline göre kuyruk mili gücünü tahmin etmede; deneysel verilere daha yakın sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: standart traktör, kuyruk mili gücü, model analizi

A Comparative Model Study for Estimation of PTO Power in Standard Tractors

Abstract: In this study, an analytical model (M2) was developed for estimation of PTO power by indirect method in standard tractors. Performance of this model was compared with Sumner et al. (1986) model (M1) to estimating of PTO power. Model equation of M1 is $PTO\ power = f [Fuel\ consumption, (Fuel\ consumption)^2]$ and model equation of M2 is $PTO\ power = f (Engine\ speed, Fuel\ consumption)$. OECD Standard Test data of 19 standard tractors were used for model development and analysis that these tractors use in Turkey. Mathematical and statistical methods were used to fitting and analysing of models. Results showed that, M2 model outputs were closer to experimental values than M1 model outputs for estimation of PTO power.

Key Words: standard tractor, PTO power, model analysis

Giriş

Modeller, sistemlerin belirli koşullar altındaki davranışını incelemeye ve tahmin etmeye yarayan araçlardır. Mühendislikte kullanılan modeller ise matematiksel yapıda olup, sayısal nitelik taşırlar. Karar vermede kullanılan modeller, çeşitli şekillerde adlandırılabilir. Bunlar genel olarak,

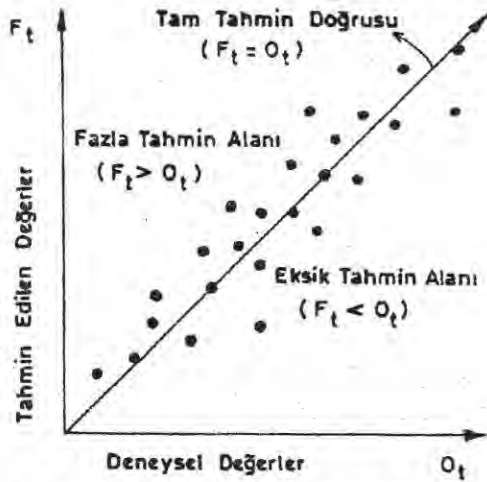
1. Tahmin modelleri,
2. Doğrusal programlama modelleri,
3. Doğrusal olmayan programlama modelleri,
4. Simülasyon modelleri,
5. Tamsayı programlama modelleri,
6. Dinamik programlama modelleri,
7. Karar ağacı modelleri,
8. Kuyruk modelleri,
9. CPM ve PERT modelleri,
10. Diğer sayısal modellerdir.

Mühendislikte en basit haliyle belirli sembollerle ifade edilen her eşitlik (formül) bir modeldir. Model geliştirme süreci genellikle veri tabanının oluşturulması, analiz ve sonuçların değerlendirilmesi (modelin geçerliliğinin ortaya konulması) aşamalarından oluşmaktadır. Bazı durumlarda elde edilen sonuçlara göre, geri dönülerek modelde düzeltmeler (revising) yapılabilmektedir. Planlamanın temeli olan tahmin, model kullanımıyla daha etkin ve bilimsel olarak yapılabilir. Bu

nedenle model geliştirme, günümüzde fen ve hatta sosyal bilimlerde sıkça başvurulan bir uygulama haline gelmiştir. Mühendislikte geliştirilen tahmin modelleri, belirli fiziksel, matematiksel ve istatistiksel kurullarla oluşturulur ve test edilir. Diğer yandan, mühendislikte model geliştirmede kullanılan veri tabanı (data base), ölçme işlemleriyle belirlenir. Bu nedenle mühendislik ölçmeleri ve bunlara dayalı hesaplamalar, yeterli doğruluğa (accuracy) ve kesinliğe (precision) sahip olmalıdır. Ayrıca bu ölçümlerin ve hesaplamaların yansız (unbias) olması, belirsizliğinin (uncertainty) ve hatasının (error) tanımlanmış olması da gereklidir (Chapra ve Canale 1994, Fraser ve Milne 1990, Genceli 1995, Holman 1994, Özdamar 1999).

Deneysel verilere dayalı olarak yapılan tahminin gerçekleştire durumu Şekil 1'deki gibi gösterilebilmektedir. Burada tüm noktaların tam tahmin doğrusu üzerinde yer alması, yapılan tahminin hatasız olduğu anlamına gelmektedir. Şekilde yer alan noktaların, tam tahmin doğrusunu temsil eden regresyon hattına olan düşey uzaklıkları, tahminin yakınlığı (closeness) olarak tanımlanmaktadır. Bu sapan değerler (outliers), artık (residual) varyansa dayandırılmaktadır ve tahminin hatasını ortaya koymaktadır. Buna göre tahmine ait en iyi regresyon hattı, sapma değerlerinin (sum of squares of residuals) minimum olduğu yerden geçmektedir (Chapra ve Canale 1994).

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



Şekil 1. Tahminin gerçekleşme durumunun grafiksel gösterimi (Bağırkan 1993)

Model geliştirmede her şeyden önce güvenilir bir veri tabanına gereksinim duyulur. Verilerin uygun bilimsel yöntemlerle belirlenmiş olmasının yanında, kullanılan veri tabanının özelliklerinin de belirtilmesi önemlidir. Geliştirilen modelin geçerliliği, dayandığı veri tabanının değer aralığıyla sınırlıdır. Çünkü geliştirilen bir model, tanımlı olduğu aralık içinde güvenilir sonuçlar verebilir. Bunun dışındaki koşullar için ise davranışı kestirilemez. Bu nedenle değişkenlerin veri aralığı ve gözlem sayısı gibi faktörler, model geliştirmede özel bir öneme sahiptir.

Deneysel veriler kullanılarak yapılan tahmin çalışmalarında genellikle regresyon, korelasyon ve varyans analizi çalışmaları yapılmaktadır. Bu yolla,

$$Y=a+bX$$

gibi basit doğrusal regresyon veya

$$Y=c_0+c_1X_1+c_2X_2$$

gibi çoklu regresyon ya da

$$Y=d_0+d_1X+d_2X^2$$

gibi polinomiyal denklemler elde edilebilmektedir. Modele ait denklem ya da değişkenlerin belirlenmesinden sonra, bu denklemler deney verileri kullanılarak test edilmektedir. Elde edilen sonuçlarla, geliştirilen modelin geçerliliği (validity) ortaya konulmaktadır. Bu amaçla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmektedir :

- Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin korelasyon (correlation coefficient) ve belirleme katsayılarının (determination coefficient) belirlenmesi ve irdelenmesi ,
- Varyans analizi sonuçlarının değerlendirilmesi,
- Tahminin standart hatasının belirlenmesi,
- Uyuşma (correspondance, concordance) derecesinin belirlenmesi.

Standart traktörlerin güç ve dönme momenti performansına ait literatürde yer alan bazı model çalışmaları ise şöyle özetlenebilmektedir.

Harris (1992) çalışmasında, Diesel motorlarında motor devri ve yakıt tüketimi parametrelerini kullanarak, optimum çalışma noktasının ve dönme momentinin tahmini için bir model geliştirmiştir. Modeli geliştirmede, traktörlerin kuyruk mili testlerine ait verileri kullanmıştır. Araştırmacı, dönme momentinin tahminine ilişkin olarak geliştirdiği modelin denklemini

$$T = (a_{11}f+a_{12}f^2+a_{13}f^3)+(a_{21}f+a_{22}f^2+a_{23}f^3)N + (a_{31}f+a_{32}f^2+a_{33}f^3)N^2$$

şeklinde ifade etmiştir. Bu denklemde,

- T : Motor dönme momenti,
- a_{ij} : Traktörlere göre değişen katsayılar,
- f : Yakıt tüketimi farkı,
- N : Motor devir sayısıdır.

Geliştirilen modelin geçerliliği, Ford TW5, Case 2090 ve John Deere 3140 traktörlerine ait verilerle test edilmiştir. Maksimum 20 gözlemlerle test edilen model denklemlerine ait belirleme katsayıları her üç traktörde de $R^2 = 0,999$ olarak elde edilmiştir. Diğer yandan dönme momenti tahminine ilişkin hata değerleri ± 6 Nm ile ± 9 Nm aralığında değişim göstermiştir. Araştırmacı gözlem sayısının 20'den 12'ye indirilmesiyle dönme momentine ait maksimum hatanın ± 8 'e çıktığını da vurgulamıştır.

Sumner ve ark. (1986) araştırmalarında, ekipmanların güç gereksinimini belirleme amacına dönük, bağımsız değişken olarak saatlik yakıt tüketiminin kullanıldığı bir model denklemi geliştirerek; traktör kuyruk mili gücünü tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Geliştirdikleri tahmin modelini,

$$PTOP=A+B(FL)+C(FL)^2 \quad (M1)$$

şeklindeki ikinci dereceden (quadratic) bir denklemle ifade etmişlerdir. Bu eşitlikte,

- PTOP: Kuyruk mili gücü (kW),
- FL : Saatlik yakıt tüketimi (litre/h),
- A,B,C : Traktörlere göre değişen katsayılarıdır.

Araştırmacılar geliştirdikleri modeli, International Harvester 884 ($PTOP_{max}=54$ kW) ve Ford 6610 ($PTOP_{max}=51$ kW) traktörleriyle elde ettikleri deney verilerine dayandırmışlardır. Modele ait regresyon denklemi katsayılarını, International Harvester 884 traktörü için 1500-2090 1/min'lik, Ford 6610 traktörü için ise 1300-1900 1/min'lik motor devir sayısı aralıklarında kademeli olarak vermişlerdir. Bu verilerle regresyonlara ait belirleme katsayısı her iki traktör için $R^2=0,991-0,999$ arasında değişim göstermiştir. Araştırmacıların her iki traktör için testlerden elde ettikleri gözlem sayısı 10-12 arasındadır. Çalışmalarında geliştirdikleri modelin, ekipmanların güç gereksinimini belirlemede; traktörden ekipmana olan güç transferinden bağımsız olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca bu modelle güç tahmininin, ekipman üzerinde bir değişiklik yapma gereği oluşturmadığını da belirtmişlerdir. Diğer yandan traktörlerde yakıt tüketimi ölçümünün, kuyruk mili dönme momenti ve güç büyüklüklerinin ölçümüne göre daha kolay olduğunu da vurgulamışlardır.

Wang ve Zoerb (1989) makalelerinde, Diesel motorlarının optimum çalışma noktasının belirlenmesine dönük iki farklı yöntem geliştirme çalışmasını vermişlerdir. Birinci yöntem yakıt tüketiminin kullanıldığı bir modeldir. İkinci yöntem ise motor devri ve dönme momenti ilişkisinin yaklaşık olarak belirlendiği modeldir. Araştırmacılar ikinci yöntemin, traktörler için bir vites seçme göstergesi tasarımında optimum dönme momenti-devir sayısı ilişkisini verebileceğini bildirmişlerdir. Buna göre genelleştirilmiş devir sayısı-dönme momenti ilişkisini,

$$N / N_r = 0,86 (T / T_r) - 0,06$$

şeklinde vermişlerdir. Bu formüle,

- N : Anlık motor devir sayısı (1/min),
 T : Anlık motor dönme momenti (Nm),
 N_r : Anma motor devir sayısı (1/min),
 T_r : Anma motor dönme momenti (Nm)'dir.

Araştırmacılar verdikleri bu genelleştirilmiş model denklemine ait doğrunun iki noktasından birincisinin anma motor devir sayısının % 80'i ve anma motor dönme momentinin % 100'ünün birleşme noktasında olduğunu, ikincisinin ise anma motor devir sayısının % 50'si ve anma motor dönme momentinin % 65'inin kesiştiği noktada bulunduğunu vurgulamışlardır.

Geliştirilen modele ait veriler, bir JD 6466 AR Diesel motoru ile Massey Ferguson 150 traktöründen elde edilmiştir. Ortaya konulan yaklaşımın doğrusal olduğu ve bir vites seçme göstergesinin tasarımı için yeterli kadar doğruluğa sahip bulunduğu da belirtilmiştir.

Bu çalışmada ise, Sumner ve ark. (1986) tarafından geliştirilen kuyruk mili gücü tahmin modeline (M1) alternatif bir model (M2) geliştirilmiştir. Geliştirilen bu model, motor devir sayısının ve saatlik yakıt tüketiminin bağımsız değişken olarak alındığı bir çoklu regresyon modelidir. M1

ve M2 modellerine ait denklemler, standart traktörlerin maksimum kuyruk mili gücünün elde edildiği devir sayısının altındaki ve üstündeki devir sayılarında belirlenen deney değerleriyle çalıştırılmış ve karşılaştırmalı performansları belirlenmiştir. Bu yolla yüksek tahmin doğruluğuna sahip ve ölçümü kolay büyüklüklere dayalı bir modelin ortaya konulması amaçlanmıştır. Gerçekten, Sumner ve ark. (1986) tarafından da vurgulandığı gibi, kuyruk mili gücünün dönme momenti ölçümüne dayalı olarak belirlenmesi; pratik koşullarda uygulanması çok zor olan bir işlemdir. Ayrıca özel ve pahalı ölçme düzenleri gerektirmektedir. Buna karşılık kuyruk mili gücünün, özellikle ekipmanların güç gereksinimlerini belirleme amacına dönük olarak; motor devir sayısı ve saatlik yakıt tüketimi gibi ölçümü kolay iki parametre yardımıyla ve düşük bir hata oranıyla tahmin edilmesi, pratik koşullara daha uygundur. Uygulamada bu iki parametre, gerek çok ucuz olan basit ve gerekse gelişmiş elektronik düzenlerle kolayca ölçülebilmektedir (Anonymous 1994).

Materyal ve Yöntem

Araştırmada materyal olarak OECD Standart Test Koduna göre kuyruk mili testleri yapılmış 19 adet traktör kullanılmıştır. Veri tabanı oluşturulurken, kuyruk milinin tam ve kısmi yüklenmelerine ait ölçüm değerleri birlikte değerlendirilmiştir. Model geliştirme çalışmasına esas olan bu traktörlere ait veri tabanının özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Regresyon analizlerinde son olarak 19 traktöre ait veriler birlikte değerlendirilmiştir. Bu amaçla analizi yapılan veri tabanında, maksimum kuyruk mili güçlerinin ortalaması 41,15 kW, toplam ölçüm sayısı 264, ortalama kuyruk mili yüklenme oranı (PL) aralığı % 21,4-100,0 ve ortalama motor devir sayısı aralığı ise 1189-2523 1/min olmuştur.

Çizelge 1. Araştırma modeline ait veri tabanının özellikleri

Traktör no	Traktör	PTOP _{max} (kW)	Ölçüm sayısı	PL (%)	Motor devir sayısı aralığı (1/min)	Kaynak
1	Ford 6600 (2WD)	51,80	10	22,9-100,0	1200-2296	Anonymous 1976
2	Ford 6610 (2WD)	52,77	13	22,3-100,0	1400-2266	Anonim 1985
3	Massey Ferguson 240 (2WD)	29,34	14	22,6-100,0	1100-2440	Anonim 1984
4	Massey Ferguson 250 G (2WD)	30,30	14	20,1-100,0	1200-2400	Anonim 2000 a
5	Massey Ferguson 260 G Turbo (4WD)	38,00	13	21,6-100,0	1200-2345	Anonim 2000 b
6	Massey Ferguson 266 G Turbo (2WD)	40,00	13	20,5-100,0	1200-2373	Anonim 2000 c
7	Massey Ferguson 276 G (2WD)	42,00	14	20,7-100,0	1100-2334	Anonim 2000 d
8	Massey Ferguson 286 G (2WD)	52,10	14	20,4-100,0	1200-2366	Anonim 2000 e
9	Massey Ferguson 398 Turbo (2WD)	55,88	14	20,8-100,0	1200-2273	Anonim 1992 a
10	New Holland 54 C Junior (2WD)	33,3	14	20,4-100,0	1200-2844	Anonim 2001 a
11	New Holland 60 C Special (2WD)	36,90	15	21,1-100,0	1200-2758	Anonim 2001 b
12	Steyr 768 (2WD)	41,80	11	22,5-100,0	1200-2535	Anonymous 1977
13	Steyr 8050-S16 (2WD)	28,56	14	20,9-100,0	1200-2553	Anonim 1993
14	Türk Fiat 54 C (2WD)	34,95	16	21,5-100,0	1100-2707	Anonim 1992 b
15	Türk Fiat 480 (2WD)	31,50	14	20,0-100,0	1200-2545	Anonim 1983
16	Türk Fiat 60-66 S (4WD)	40,63	15	21,9-100,0	1200-2765	Anonim 1997 a
17	Türk Fiat 70-56 (2WD)	45,34	14	21,9-100,0	1200-2743	Anonim 1990
18	Türk Fiat 70-66 S (2WD)	43,80	15	22,2-100,0	1200-2737	Anonim 1997 b
19	Türk Fiat 80-66 S (2WD)	52,80	17	22,4-100,0	1100-2661	Anonim 1997 c

2WD: İki tekerleği muharrik
 4WD: Dört tekerleği muharrik
 PTO_{max}: Maksimum kuyruk mili gücü
 PL : Kuyruk milinin yüklenme oranı

Geliştirilen model denklemi,

$$PTOP=D+E(N)+F(FL) \quad (M2)$$

biçiminde ifade edilmiştir. Burada,

PTOP: Kuyruk mili gücü (kW),
D : Regresyon sabiti,
E, F : Katsayılar,
N : Motor devir sayısı (1/min),
FL : Saatlik yakıt tüketimi (litre/h)'dir.

Sumner ve ark. (1986) tarafından geliştirilen M1 modeli için A, B ve C, bu çalışmada geliştirilen M2 modeli için D, E ve F değerleri ile bunlara ait belirtme katsayıları ve varyans analizleri; her traktör için ayrı ayrı ve tüm traktörlere ait veriler kullanılarak bir bilgisayar paket programı yardımıyla belirlenmiştir.

M1 ve M2 çoklu regresyon ilişkilerine ait çoklu belirtme katsayılarının (R^2) tesadüfi olup olmadığı (kabul edilebilirliği) küçük örnekler için verilen;

$$F=[R^2(m-1)] / [(1-R^2)(n-m)]$$

eşitliği kullanılarak test edilmiştir (Bağırkan 1993). Burada,

F : Hesaplanan test değeri,
 R^2 : Çoklu belirtme katsayısı,
m : Regresyon denklemindeki bağımlı ve bağımsız değişkenlerin toplam sayısı,
n : Gözlem sayısıdır.

Bundan sonra $\eta_1=m-1$ ve $\eta_2=n-m$ değerleri yardımıyla, öngörülen anlam düzeyi ($\alpha=0,05$) için F dağılımı tablosundan alınan F_{α,η_1,η_2} değeriyle karşılaştırma yapılmıştır. $F_{\alpha,\eta_1,\eta_2} < F$ sonucu için, "H₀: Hesaplanan belirtme katsayısı ile populasyona ait belirtme katsayısı arasındaki fark tesadüfidir" hipotezi

reddedilerek; hesaplanan belirtme katsayısının tesadüfi (rastlantısal) olmadığı sonucu elde edilmiştir (Bağırkan 1993).

M1 ve M2 modelleri kullanılarak yapılan kuyruk mili gücü tahmininin standart hatası ise,

$$S_e = [(\sum (F_i - O_i)^2) / (n-2)]^{1/2}$$

eşitliği kullanılarak belirlenmiştir (Chapra ve Canale 1994, Düzgüneş ve ark. 1987). Bu denklemde,

S_e : Tahminin standart hatası,
 F_i : Tahmin edilen değer,
 O_i : Deneysel olarak ölçülen değer,
n : Gözlem sayısıdır.

Diğer yandan M1 ve M2 modelleri kullanılarak yapılan tahminin deneysel verilerle uyuşma derecesi,

$$U^2 = [\sum (F_i - O_i)^2] / [\sum O_i^2]$$

eşitliği yardımıyla belirlenmiştir (Bağırkan 1993). Bu eşitlikte,

U^2 : Uyuşma derecesi ($0 \leq U^2 \leq 1$),
 F_i : Tahmin edilen değer,
 O_i : Deneysel olarak ölçülen değer,
n : Gözlem sayısıdır.

Bulgular ve Tartışma

Veri tabanında yer alan tüm traktörler için M1 ve M2 modellerine ait regresyon katsayıları (A, B, C, D, E, F), belirtme katsayıları (R^2), standart hatalar (S_e) ve anlam düzeyleri (p) Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2 değerleri, tüm traktörler için M2 modeliyle elde edilen R^2 değerlerinin, M1 modeliyle elde edilenlere

Çizelge 2. M1 ve M2 modelleri için regresyon ve varyans analizi sonuçları

Traktör no	M1						M2					
	A	B	C	R^2	S_e	p	D	E	F	R^2	S_e	p
1	-60,287	13,630	-0,422	0,854	±5,486	0,001	18,590	-1,4E ⁻²	3,911	0,939	±3,556	0,000
2	-35,157	8,656	-0,217	0,930	±3,685	0,000	26,869	-1,5E ⁻²	3,006	0,931	±3,896	0,000
3	-1,645	3,088	-6,7E ⁻⁶	0,909	±2,403	0,000	4,641	-4,3E ⁻³	3,367	0,973	±1,317	0,000
4	-16,098	7,159	-0,262	0,941	±2,077	0,000	5,683	-5,7E ⁻³	3,654	0,991	±0,832	0,000
5	-9,531	4,878	-8,0E ⁻²	0,930	±2,780	0,000	2,712	-4,3E ⁻³	3,661	0,951	±2,326	0,000
6	-8,403	4,156	-2,7E ⁻²	0,942	±2,650	0,000	-3,098	-1,8E ⁻³	3,685	0,947	±2,545	0,000
7	-20,797	6,744	-0,165	0,926	±3,233	0,000	5,954	-8,0E ⁻³	3,803	0,989	±1,226	0,000
8	-17,795	6,224	-0,115	0,960	±2,907	0,000	6,797	-7,3E ⁻³	3,895	0,990	±1,448	0,000
9	-55,677	9,814	-0,214	0,897	±5,002	0,000	8,611	-1,5E ⁻²	4,083	0,974	±2,502	0,000
10	-18,159	7,406	-0,262	0,798	±3,978	0,000	6,920	-7,1E ⁻³	4,007	0,971	±1,503	0,000
11	-16,018	6,754	-0,191	0,912	±3,019	0,000	5,030	-5,6E ⁻³	3,967	0,984	±1,287	0,000
12	-22,795	8,223	-0,250	0,924	±3,111	0,000	6,139	-6,1E ⁻³	3,968	0,978	±1,673	0,000
13	-12,785	5,775	-0,168	0,952	±1,662	0,000	0,204	-3,0E ⁻³	3,535	0,981	±1,057	0,000
14	-23,398	8,018	-0,262	0,846	±3,652	0,000	3,017	-7,0E ⁻³	4,311	0,976	±1,455	0,000
15	-17,307	8,324	-0,361	0,827	±3,477	0,000	11,754	-8,0E ⁻³	3,823	0,964	±1,593	0,000
16	-19,786	7,210	-0,192	0,944	±2,550	0,000	5,030	-5,6E ⁻³	3,967	0,984	±1,287	0,000
17	-29,483	8,127	-0,212	0,895	±3,894	0,000	4,223	-7,6E ⁻³	4,121	0,993	±1,015	0,000
18	-25,657	6,835	-0,143	0,957	±2,376	0,000	-3,194	-4,1E ⁻³	3,973	0,986	±1,340	0,000
19	-35,235	8,607	-0,197	0,936	±3,250	0,000	0,942	-7,2E ⁻³	4,367	0,992	±1,175	0,000
Tümü birlikte	-10,321	4,831	-7,2E ⁻²	0,891	±3,932	0,000	6,555	-5,4E ⁻³	3,440	0,922	±3,341	0,000

göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Aynı sonuç, tüm verilerin birlikte değerlendirilmesiyle de elde edilmiştir. Modelleri oluşturan bağımsız değişkenlerin regresyona olan bireysel katkılarının belirlenmesine dönük analizler sonucunda ise, M1 modelinde FL değişkeni için $r=0,940$, FL^2 değişkeni için $r=0,895$ 'lik; M2 modelinde N değişkeni için $r=0,096$ ve FL değişkeni için de $r=0,940$ 'lık korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Buna göre M1 ve M2 regresyon modellerine en çok bireysel katkısı olan değişken FL'dir. Ancak M2 modeline FL ile birlikte R^2 değişkeninin dahil edilmesi, daha yüksek bir korelasyon sağlamaktadır. Bunun yanısıra R^2 değerlerinin tesadüflüğüne ilişkin olarak yapılan analizler, M1 modelinde yalnızca 8 nolu traktöre ait olanın, M2 modelinde ise 1, 2, 5 ve 6 nolu traktörler hariç diğerlerine ait olanların tesadüflü olmadığını ortaya koymuştur. Bu nedenle M1 modeli için 0,960 dolayındaki, M2 modeli için ise 0,964 dolayındaki R^2 değerleri tesadüflü olmayışın eşik değerleri olarak belirlenmiştir. Benzer genelleme, tüm verilerin birlikte analiz edildiği denklemler için de geçerlidir. M2 modelinde 1, 2, 5 ve 6 nolu traktörlere ait verilerin regresyondan çıkarılmasıyla kalan 215 veriyle yapılan analiz sonucunda, $R^2=0,927$ değeri bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki, R^2 değerlerinin tesadüflü olduğu belirlenen 1, 2, 5 ve 6 nolu traktörlere ait veriler regresyona dahil edilebile; elde edilecek R^2 değerinde önemli bir farklılık oluşmamaktadır. Anlam düzeyleri bakımından ise, her iki modelle yapılan tahminlerin $p=0,000$ gibi yüksek bir değere sahip oldukları görülmektedir. Standart hata yönünden ise, 19 traktör değerinin ortalaması M1 modeli için $\pm 3,221$ kW, M2 modeli için ise $\pm 1,739$ kW olarak belirlenmiştir.

Modellere ait denklemleri oluşturan bağımsız değişkenlerin ve sabitlerin kısmi anlam düzeylerine ait $\alpha=0,05$ öngörü değerinin üzerinde tespit edilenler, Çizelge 3'de gösterilmiştir. Bu durum ilgili bağımsız değişken veya sabitin, bağımlı değişkenin (PTOP) değişimi üzerinde tek başına etkili olmadığının göstergesidir. Çizelge 3 değerleri, öngörülen anlam düzeyinin altında tespit edilen değişken ve sabit adedinin M1 modelinde 30, M2 modelinde ise 9 olduğunu göstermektedir. Buna göre düşük anlam düzeyine sahip bağımsız değişken ve sabitlerin, M1 modeli için oransal değeri % 52,6; M2 modeli için ise % 15,8 olarak belirlenmiştir. Diğer yandan M2 modelinde düşük anlam düzeyli olan parametrelerin biri dışında D sabitine (regresyon hattının düşey eksenini kestiği nokta) ait oluşu da dikkati çekmiştir. Söz konusu düşük anlam düzeyine sahip bu değişkenlere ait katsayılar ve sabitler, Çizelge 2'de değerin yanına (*) işareti konularak belirlenmiştir.

Öte yandan tüm traktörlere ait verilerin birlikte analiz edilmesiyle, her iki modelde de sabitlere ve bağımsız değişkenlere ait kısmi anlam düzeyleri $p=0,000$ düzeyinde gerçekleşmiştir. Burada da M2 modeliyle daha yüksek R^2 ve daha düşük standart hata değerleri elde edilmiştir. Ayrıca bir regresyon denkleminde bağımsız değişkenlerin kendi aralarında anlamlı bir korelasyona (autocorrelation) sahip olmaları istenmeyen bir durumdur. Buna göre M1 modelinde yer alan FL ve $(FL)^2$ bağımsız değişkenlerinden ikincisi birinciden türetildiği için, aralarındaki korelasyonun belirtme katsayısı $r^2=0,951$ ve anlam düzeyi $p=0,000$ olarak bulunmuştur. Aynı amaçla hesaplanan Durbin-Watson istatistiğinin değeri ise $DW=1,739$ olmuştur. Aynı

Çizelge 3. Düşük anlam düzeyli ($P>0,05$) bağımsız değişken ve sabitlerin modellere göre dağılımı

Mo-del	Traktör no	Bağımsız değişken veya sabit	P	Mo-del	Traktör no	Bağımsız değişken veya sabit	p
M1	1	A	0,067	M1	14	A	0,131
	1	$(FL)^2$	0,074		14	FL	0,052
	3	A	0,532		14	$(FL)^2$	0,277
	3	$(FL)^2$	1,000		15	A	0,111
	5	A	0,222		15	$(FL)^2$	0,124
	5	$(FL)^2$	0,466		16	$(FL)^2$	0,168
	6	A	0,283		17	A	0,076
	6	FL	0,054		17	$(FL)^2$	0,193
	6	$(FL)^2$	0,817		18	$(FL)^2$	0,166
	7	A	0,052		19	$(FL)^2$	0,082
	7	$(FL)^2$	0,148		5	D	0,510
	8	$(FL)^2$	0,125		6	D	0,517
	9	$(FL)^2$	0,074		6	N	0,364
M2	10	A	0,194	9	D	0,092	
	10	$(FL)^2$	0,281	12	D	0,057	
	11	A	0,100	13	D	0,908	
	11	$(FL)^2$	0,219	14	D	0,142	
	12	A	0,081	18	D	0,157	
	12	$(FL)^2$	0,125	19	D	0,564	
	13	$(FL)^2$	0,211				

parametreler M2 modelini oluşturan N ve FL bağımsız değişkenleri için yapılan analizin sonucunda sırasıyla $r^2=0,011$, $p=0,083$ ve $DW=0,840$ olarak elde edilmiştir. Buna göre M1 modelinde bağımsız değişkenler arasında istenmeyen kuvvetli bir ilişki vardır. Tüm traktörlere ait verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, her iki modele ait katsayı ve sabitlerin % 95'lik güven aralığına ait değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

M1 ve M2 modellerine ait regresyon denklemleriyle tahmin edilen kuyruk mili gücü değerleri ile deneysel kuyruk mili gücü verileri kullanılarak hesaplanan uyuşma derecesi değerleri, Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge değerleri, tüm traktörlerde M2 modelinin M1 modeline kıyasla deneysel değerlerle daha uyumlu olduğunu ve uyuşma derecesi için istenen durum olan sıfır değerine daha yakın olduğunu göstermektedir.

M1 ve M2 modellerinin tahmin-gerçekleşme grafikleri Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Diğer yandan M1 ve M2 model denklemlerine göre hesaplanan tahmini kuyruk mili gücü değerlerinin oluşturduğu serpmeye grafik verilerinin doğrusallaştırılmasıyla, M1 modeli için,

$$PTOP_{M1}=2,0098+0,9326(PTOP_D) \quad (r=0,969)$$

M2 modeli için ise,

$$PTOP_{M2}=0,5888+0,9777(PTOP_D) \quad (r=0,990)$$

denklemleri elde edilmiştir. Bu denklemlerde,

$PTOP_{M1}$: M1 modeliyle tahmin edilen kuyruk mili gücü (kW),

$PTOP_{M2}$: M2 modeliyle tahmin edilen kuyruk mili gücü (kW),

$PTOP_D$: Deneysel olarak belirlenen kuyruk mili gücü (kW)'dür.

Denklemlerin korelasyon katsayıları, M2 modeliyle yapılan tahminin M1'e kıyasla deneysel verilerle daha

yüksek derecede ilişkili olduğunu göstermektedir. Söz konusu bu denklemlerin grafik gösterimi Şekil 4 ve 5'de verilmiştir.

Çizelge 4. M1 ve M2 modellerine ait katsayı ve sabitlerin % 95'lik güven aralığı

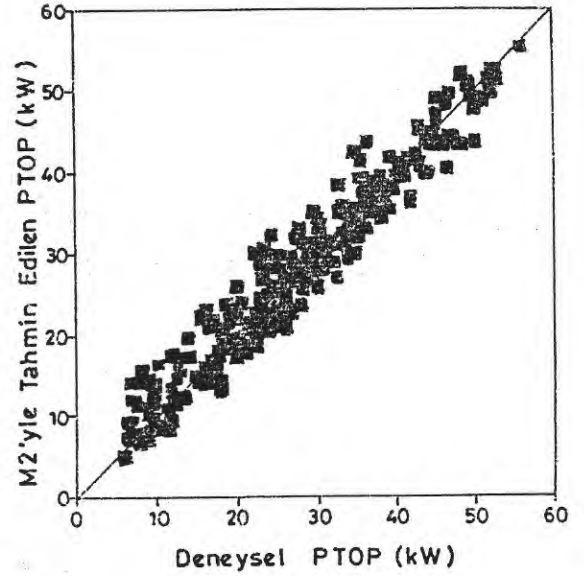
Model	Katsayı veya sabit	Güven aralığı	
		Alt sınır	Üst sınır
M1	A	-13,514	-7,128
	B	4,183	5,479
	C	-0,103	-0,041
M2	D	4,412	8,698
	E	-0,006	-0,004
	F	3,317	3,563

Çizelge 5. M1 ve M2 modeli sonuçlarının deneysel verilerle uyuma derecesi değerleri

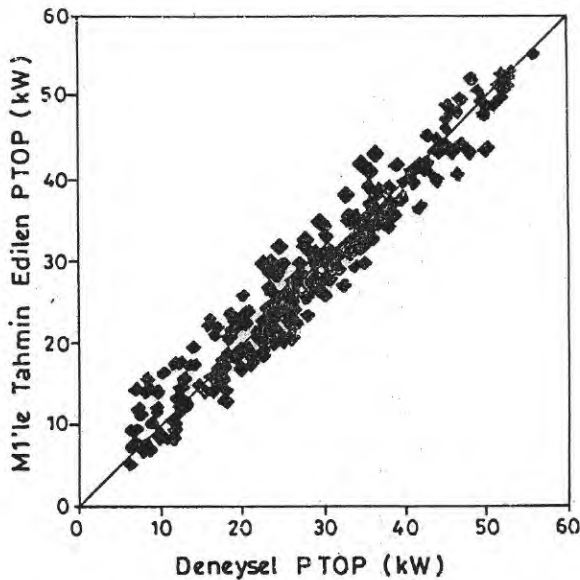
Traktör no	U^2_{M1}	U^2_{M2}
1	0,01334	0,00561
2	0,01060	0,00872
3	0,01080	0,00320
4	0,00736	0,00119
5	0,00435	0,00220
6	0,00727	0,00671
7	0,00921	0,00141
8	0,00510	0,00125
9	0,01216	0,00344
10	0,02718	0,00337
11	0,01030	0,00167
12	0,00688	0,00200
13	0,00573	0,00232
14	0,01750	0,00278
15	0,02364	0,00446
16	0,00299	0,00151
17	0,01239	0,00084
18	0,00502	0,00155
19	0,00534	0,000743

Sonuç

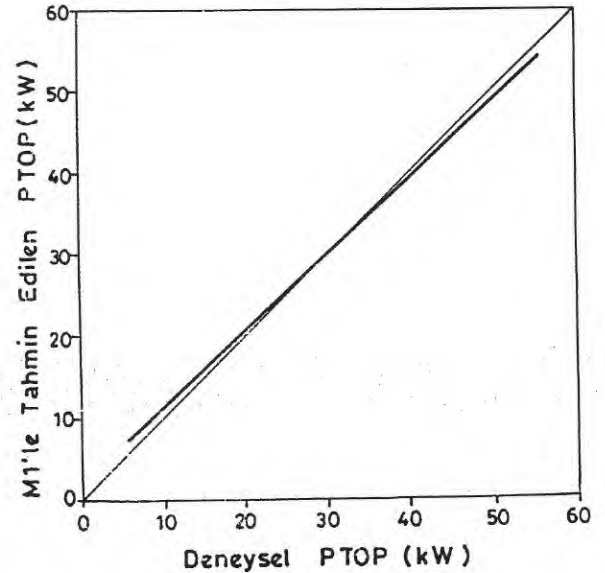
Yapılan model geliştirme ve analiz çalışmaları sonuçlarına göre, standart traktörlerde kuyruk mili gücünün tahmininde; M2 modelinin M1 modeline göre deneysel verilere daha yakın sonuç verdiği belirlenmiştir. M2 modeli kullanılarak yapılan bir tahminde hata \pm % 2,23-7,38 aralığında değişmekte olup, ortalama değer \pm % 4,20 olmaktadır.



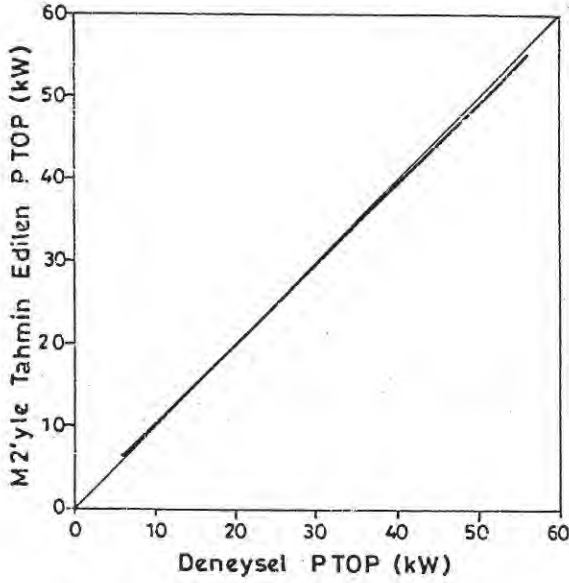
Şekil 3. M2 modelinin tahmin-gerçekleşme grafiği



Şekil 2. M1 modelinin tahmin-gerçekleşme grafiği



Şekil 4. M1 modeline ait regresyon doğrusu



Şekil 5. M2 modeline ait regresyon doğrusu

Kaynaklar

- Anonim, 1983. Türk Fiat 480 Tarım Traktörü Deney 89 Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1984. Massey Ferguson 240 Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1985. Ford 6610 Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1990. Türk Fiat 70-56 Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1992 a. Massey Ferguson 398 Turbo Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1992 b. Türk Fiat 54 C Tarım Traktörü Deney Raporu. T.K.B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1993. Steyr 8050-S16 Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1997 a. Türk Fiat 60-66 S Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1997 b. Türk Fiat 70-66 S Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1997 c. Türk Fiat 80-66 S Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim 2000 a. Massey Ferguson 250 G Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2000 b. Massey Ferguson 260 G Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2000 c. Massey Ferguson 266 G Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2000 d. Massey Ferguson 276 G Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2000 e. Massey Ferguson 286 G Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2001 a. New Holland 54 C Junior Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2001 b. New Holland 60 C Special Tarım Traktörü Deney Raporu. T. K. B. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, 1976. Ford 6600 Tractor Test Report. National Institute of Agricultural Engineering, Silsoe-Bedford.
- Anonymous, 1977. Steyr 768 Tractor Test Report. BVPA, Wieselburg.
- Anonymous, 1994. Testing and Evaluation of Agricultural Machinery and Equipment . FAO Agricultural Services Bulletin 110, Rome.
- Bağırkan, Ş. 1993. İstatistiksel Analiz (3. Baskı). Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 301 s.
- Chapra, S. C. and R. P. Canale, 1994. Introduction to Computing for Engineers. McGraw-Hill, Inc., New York, 818 s.
- Düzgüneş, O., T. Kesici, O.Kavuncu ve F. Gürbüz, 1987. Araştırma ve Deneme Metodları. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1021, Ankara, 381 s.
- Fraser, C. J. and J. S., Milne, 1990. Microcomputer Applications in Measurement Systems. MacMillan Edu., London, 453 s.
- Genceli, O. F. 1995. Ölçme Tekniği. Birsen Yayınevi, İstanbul, 387 s.
- Harris, H. D. 1992. Prediction of the torque and optimum operating point of diesel engines using engine speed and fuel consumption. Journal of Agricultural Engineering Research, 53,93-101.
- Holman, J. P. 1994. Experimental Methods for Engineers. MacGraw-Hill, Inc., New York, 509 s.
- Özdamar, K. 1999. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi.
- Summer, H. R., R.E. Helwing and G. E. Monroe, 1986. Measuring implement power requirements from tractor fuel consumption. Transactions of the ASAE, 29 (1) 85-89.
- Wang, G. and G. C. Zoerb, 1989. Determination of optimum working points for diesel engines. Transactions of the ASAE, 32 (5) 1519-1522.