



## تحلیل استاتیکی و دینامیکی میل لنگ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ به روش المان محدود در نرم افزار کتیا

لیلا ندرلو<sup>۱\*</sup>، مهتاب مهدوی<sup>۲</sup>، حسین جوادی کیا<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>استادیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ [lnaderloo@gmail.com](mailto:lnaderloo@gmail.com)، [pjavadikia@gmail.com](mailto:pjavadikia@gmail.com)  
<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ [mahtaaaab.mahdavi@gmail.com](mailto:mahtaaaab.mahdavi@gmail.com)

چکیده

یکی از مهم ترین ماشین های کشاورزی تراکتور است. تراکتورها بعنوان رکن مهم و اساسی مکانیزاسیون، میزان توان لازم اغلب ادوات کشاورزی را تامین می کنند. به همین دلیل اجزاء اصلی موتور تحت فشار زیادی قرار دارند که موجب خستگی، فرسایش و در نهایت شکست قطعات می شود. بر اساس فشار های وارده به اجزاء متحرک و ثابت، نیروهای وارده به میل لنگ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ چهار سیلندر را بر حسب نیوتن محاسبه گردید. بر اساس تحقیقات و مستندات موجود، بیشینه نیروی وارده بر میل لنگ برای سرعت دورانی مشخص ۲۲۰۰ دور بر دقیقه برابر ۱۰۳۰۴۸.۷ نیوتون می باشد. پس از مدلسازی میل لنگ در نرم افزار کتیا، شرایط مرزی را برای قطعه تعریف کرده و توسط نیروهای محاسبه شده مورد تحلیل تنش استاتیکی - مودال و هارمونیک قرار گرفت. در این مطالعه میزان تغییر شکل قطعه خیلی محدود بوده و بیشتر در فیلت ها رخ داد. مقدار بیشینه تنش استاتیکی ۲۴۷ Mpa برای سرعت دورانی ۲۲۰۰ دور بر دقیقه بود. پس از انجام آنالیز مودال و استاتیکی مشخص شد که میل لنگ تحت سرعت بحرانی یاد شده به تغییر شکل ماکزیمم نخواهد رسید.

کلمات کلیدی: میل لنگ، تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵، المان محدود

### Static and Dynamic Analysis of Massey Ferguson 285s Crankshaft by Finite Element Method in Catia Software

Leila naderloo<sup>1</sup>\*, Mahtab Mahdavi<sup>2</sup>, Hossein Javadikia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran.

[pjavadikia@gmail.com](mailto:pjavadikia@gmail.com), [lnaderloo@gmail.com](mailto:lnaderloo@gmail.com)

<sup>2</sup>M.Sc. Student of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran.

[mahtaaaab.mahdavi@gmail.com](mailto:mahtaaaab.mahdavi@gmail.com)

#### ABSTRACT

One of the most important agricultural machines is tractor. Tractors, as the main pillar of mechanization, provide the necessary amount of power to most agricultural implements. That's why the main components of the engine are under a lot of pressure, which causes fatigue, erosion, and ultimately failure of the parts. Based on the pressures on moving and fixed components, the forces on the crankshaft of the Massey Ferguson 285 four-cylinder were calculated in terms of Newtons. According to available research and documentation, the maximum force on crankshafts for a rotational speed of 2200 rpm is 103048.7 Nm After modeling the crankshaft in catia software, the boundary conditions for the segment were defined and the calculated forces were analyzed by static- modal and harmonic stress tests. In this study, the degree of deformation of the piece was very limited and occurred more in the fillets. The maximum amount of static tension was 247 Mpa for a rotational speed of 2,200 rpm. After modal and static analysis, it became clear that the crankshaft would not be able to reach the maximum deformation at the critical speed.

**Keywords:** CRANK SHAFT, MASSEY FERGUSON 285, FINITE ELEMENT



# یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



## مقدمه

تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ چهار سیلندر میزان بهره وری عملکردی بالاتر و درصد خرابی اجزاء داخلی کمتری نسبت به سایر تراکتورها در کشور دارد (محمودی، ۱۳۸۶).

بار اصلی خودرو ابتدا به میل لنگ و سپس به بلوک سیلندر وارد می شود. محورهای میل لنگ به دو دسته ی ثابت (اصلی) و متحرک (لنگ) تقسیم می شوند که تعداد محورهای ثابت یکی از بیشتر تعداد سیلندر ها می باشد. در نتیجه تعداد محورهای ثابت در میل لنگ مورد بررسی ۵ عدد می باشد (محمدمحمدی بوساری، ۱۳۸۶).

برای تبدیل حرکت رفت و برگشتی پیستون ها به حرکت چرخشی از میل لنگ استفاده می شود که معمولا جنس آن ها فولاد آلیاژی آهنگری است که با عملیات حرارتی ساخته می شوند (کارول ایی گورینگ، ۱۹۹۲).

مکانیزه کردن ماشین های کشاورزی، زمان و دشواری های کار زراعی را کاهش داد. از طرفی برای توسعه ی مکانیزاسیون باید کیفیت قطعات تولید شده را به حد مطلوب رساند که در غیر این صورت فرسودگی و شکستگی زود هنگام قطعات موجب توقف کاری در حین عملیات کشاورزی می شود. برای انجام برخی از عملیات مهم زراعی همچون کاشت و برداشت زمان بهینه ای وجود دارد که تاثیر مستقیمی بر روی افزایش عملکرد محصولات کشاورزی دارد (کارول ایی گورینگ، ۱۹۹۲، غلامحسین شاهقلی و همکاران، ۱۳۹۵).

به همین دلیل شناسایی و تحلیل تنش های وارده به قطعات کاربردی و اجزاء داخلی موتور با هدف افزایش کیفیت فناوری تولید از اهمیت بالایی برخوردار است. (قاسمی نژاد، ۱۳۸۸).

امروزه مطالعات بسیاری در جهت بهبود عملکرد ماشین های کشاورزی مهمی از جمله تراکتور که منبع تامین توان برای ادوات کشاورزی است انجام شده است، به کمک نرم افزار های بسیاری چون کتیا و آباکوس می توان نیرو، تنش و مقدار جابه جایی را با روش استاتیکی و یا دینامیکی تحلیل کرد (بشارتی گیوی، ۱۳۸۵).

با استفاده از روش المان محدود می توان میزان تنش - کرنش و تغییر شکل به وجود آمده را پس از بارگذاری به دست آورد که در تشخیص نقاط بحرانی و غیر بحرانی معتبر کارآمد است. (میره ای و همکاران، ۱۳۸۵).

سیکل موتورهای احتراق داخلی پیستونی تبدیل حرارت به کار می باشد. فاصله احتراق برای یک موتور چهار زمانه ۱۸۰ درجه و ترتیب احتراق برای میل لنگ چهار سیلندر ۲-۴-۳-۱ می باشد. (غلامحسین شاهقلی و همکاران، ۱۳۹۵).

فشار موجود در داخل اتاق احتراق در موتورهای دیزلی بیشتر از موتورهای بنزینی است در نتیجه باید مقاومت آن ها بیشتر باشد یکی از راه های کاهش تنش های اعمالی طی فرآیند احتراق، افزایش تعداد یاتاقان ها می باشد (Ranjbarkohan, 2008).

در واقع یاتاقان ها به منظور کاهش اصطکاک و فرسایش از یاتاقان ها استفاده می کنیم. یاتاقان ها نیز به دو دسته ی ثابت و متحرک تقسیم می شوند (کارول ایی گورینگ، ۱۹۹۲).

در پژوهش های شاهقلی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داده شد که فیلتهای زده شده بر روی میل لنگ بیش از سایر نقاط تحت تنش قرار دارند. در این پژوهش ابتدا میل لنگ با بارگذاری نیروهای وارد بر یاتاقان های متحرک توسط دسته پیستون ها و اعمال گشتاور مومنتوم در انتهای قطعه مورد بررسی قرار گرفت. سپس با اعمال تنش مودال به بررسی سرعت مطمئنه میل لنگ و مقایسه فرکانس های به وجود آمده پرداختیم که آیا پدیده تشدید رخ می دهد یا خیر.

## مواد و روش ها

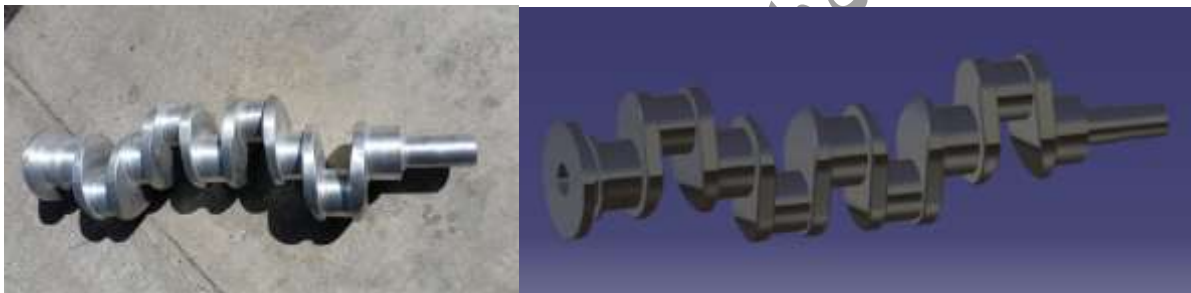
در این تحقیق سعی داریم که واکنش میل لنگ را نسبت به نیروهای وارده از طرف پیستون مورد ارزیابی قرار داده و میزان تغییرات، جابه جایی و رفتار المان ها را پس از بارگذاری، تحلیل کنیم.

برای طراحی و بارگذاری از نرم افزار CATIA V5R21 که دارای ساختاری قوی در طراحی و تحلیل داده ها است، استفاده شده است. قطعه ای که در اینجا مورد تحلیل قرار گرفته یک عدد میل لنگ تراکتور MF285 است. برای بدست آوردن ابعاد آن، قطعه مورد نظر را به صورت باز شده در اختیار گرفته و تمام ابعاد واقعی آن را با دقت ۰,۳ میلی متر اندازه گیری کردیم. جنس و خصوصیات آن مطابق با جدول ۱ می باشد. (شکل ۱)

جدول ۱ خصوصیات مکانیکی فولاد به کار رفته برای ساخت میل لنگ (غلامحسین شاهقلی و همکاران ، ۱۳۹۵)

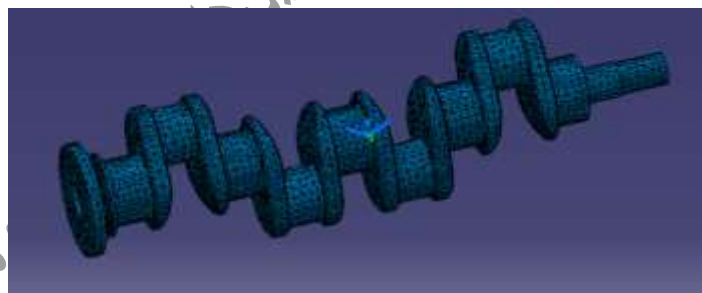
پارامتر	مقدار	واحد
درصد کشیدگی	کمینه ۱۳٪	-
تنش تسلیم	کمینه ۷۰۰	Mpa
استحکام کششی	۸۵۰-۱۰۰۰	Mpa
کاهش سطح مقطع	۴۵٪	-
سختی	۳۰۲-۲۴۸	(HB)
ضریب پواسون (ν)	۳۳٪	-
جرم حجمی (ρ)	۷۸۰۰	Kg/m <sup>3</sup>
مدول الاستیسیته (E)	۲۰۰۰۰۰	Mpa

سپس قطعه را در محیط part design مدل کردیم . شکل واقعی ، مدل شده و مش بندی شده ی میل لنگ پس از اعمال جنس در محیط های part و analysis & simulation در شکل ۱ آورده شده است . برای افزایش دقت گره در المان ها در تحلیل و محاسبات ، اندازه ی المان ها را به ۱۰ کاهش دادیم.



(الف)

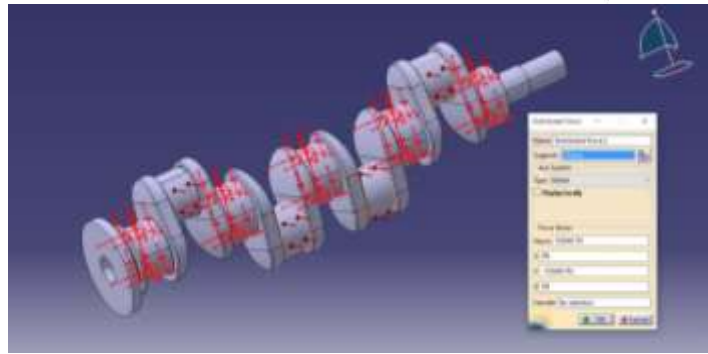
(ب)



(ج)

شکل ۱ (الف) شکل واقعی (ب) شکل مدل شده در محیط part (ج) شکل مش بندی شده Analysis & simulation

بر اساس نتایج به دست آمده توسط شاهقلی و همکاران ، برای تعیین تکیه گاه و اعمال بارگذاری های مشخص در جهت انجام آنالیزهای استاتیکی و دینامیکی (مودال)، تعداد لنگ های ثابت را بعنوان تکیه گاه ها و لنگ های متحرک را بعنوان محل اعمال نیرو، در نظر گرفتیم. سپس در محیط آنالیز، قطعه را به صورت استاتیکی - دینامیکی و هارمونیک، تحلیل کردیم. پس از انجام آنالیز مودال ، در نوار ابزار insert نوع آنالیز را به صورت Harmonic Dynamic Response case انتخاب کرده و با اعمال قیود و مدولیشن نیم سینوس ، آنالیز را compute کرده و نمودارهای سرعت، جابه جایی و شتاب برای نقاط دلخواه به دست آمد.



شکل ۲ محل اعمال نیرو و تکیه گاه ها

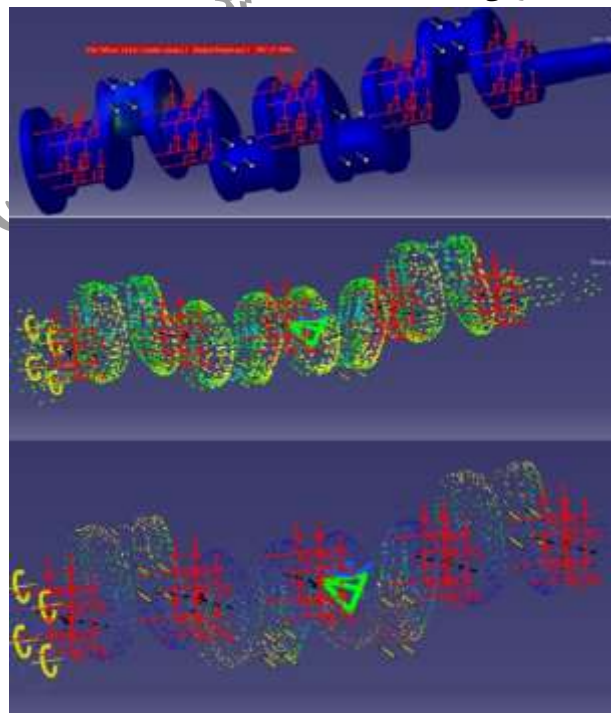
### نتایج و بحث

نتایج بدست آمده در آنالیز استاتیکی، شامل میزان تغییرات جابه جایی المان ها ، میزان تنش های اعمالی در نقاط و تانسورهای تنش در شکل ۳ آورده شده است. در محیط طراحی هر نیرو با رنگی خاص نشان داده شده است که به عنوان مثال رنگ سبز و آبی نشان دهنده نیروی کمتر و رنگ قرمز نشان دهنده نیروها و تنش بیشتر است (فخرالدین کاکایی، حسین جوادی کیا ۱۳۹۲) در اینجا هم بیشینه و کمینه تنش ها در گره ها با رنگ ها و اعداد مختلف نمایان و باعث جابه جایی آنها شد. جدول ۲ نتایج به دست آمده برای تنش و جابه جایی پس از اعمال نیرو به میل لنگ مدل شده را در قسمت آنالیز نمایش می دهد.

جدول ۲- نتایج به دست آمده برای تنش و جابه جایی پس از اعمال نیرو به میل لنگ مدل شده

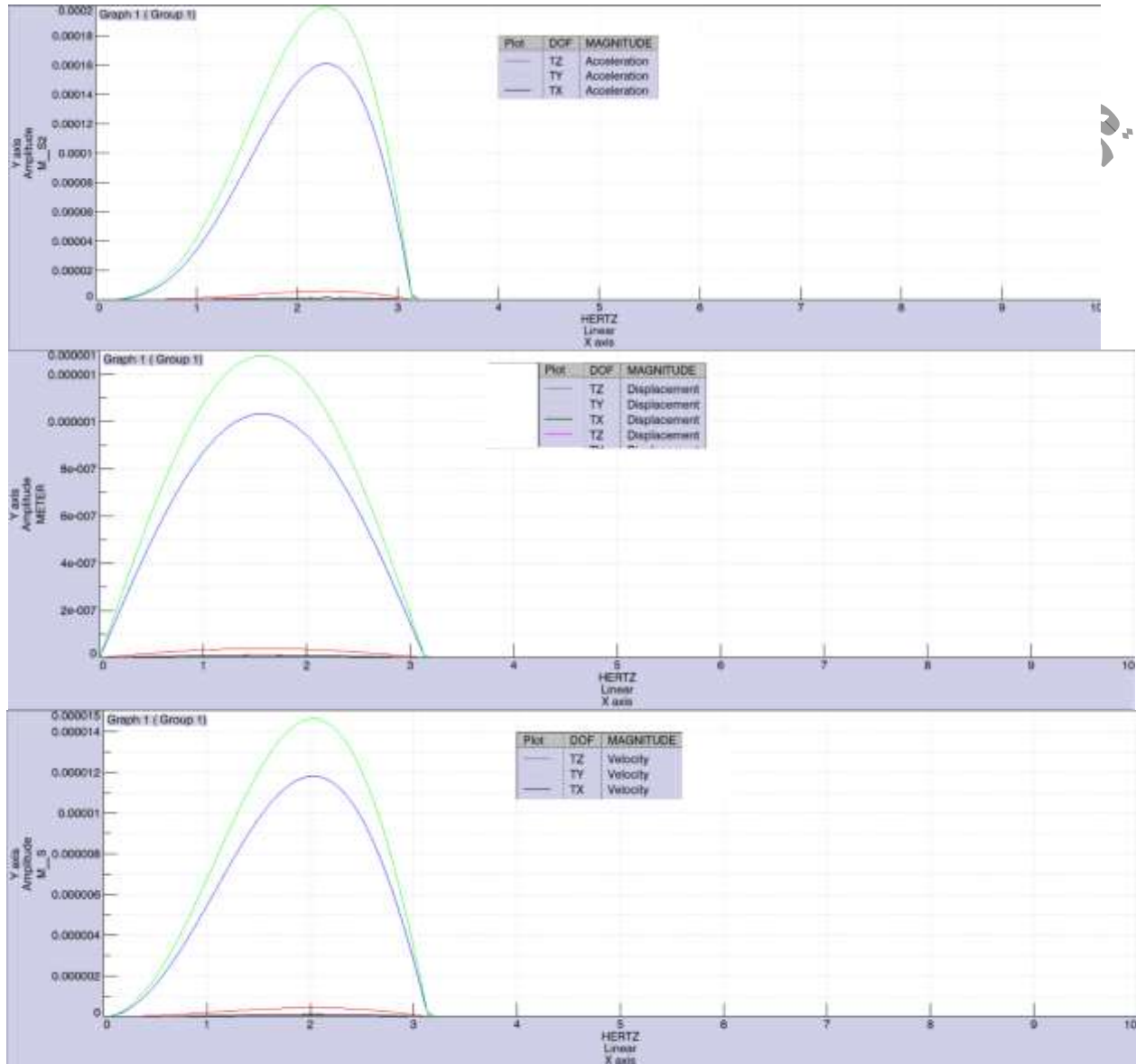
حداقل تنش اصلی	حد اکثر تنش اصلی	حداکثر جابه جایی	حداقل تنش وان میزز	حداکثر تنش وان میزز
-1.79e <sup>6</sup> Mpa	1.8e <sup>6</sup> Mpa	0.0194 mm	۱/۲۸e <sup>6</sup> Mpa	۲۴۷ Mpa

شکل ۳ نشان دهنده تمامی اشکال مرحله ی آنالیز می باشد.



شکل ۳ اشکال تانسور تنش - وان مایزز و جابه جایی میل لنگ پس از آنالیز استاتیکی و دینامیکی

پس از انجام آنالیز مودال و استاتیکی به بررسی آنالیز هارمونیک که بدون شرایط مرزی انجام می شود پرداختیم که نتایج در شکل ۴ نمایش داده شد. این نمودارها نمایانگر تغییرات سرعت- شتاب و جابه جایی می باشد.



شکل ۴ نمودارهای تغییرات سرعت- شتاب و جابه جایی پس از آنالیز هارمونیک

### نتیجه گیری

پس از انجام تحلیل استاتیکی و مودال حداکثر تغییرات بر روی فیلت ها به دست آمد که کمتر از حد تسلیم بود. با توجه به بارگذاری صورت گرفته بیشترین تنش در انتهای لنگ های متحرک به دست آمد که میزان بیشینه تنش اصلی آن  $1.8 \times 10^6 \text{ Mpa}$  و حداثر تنش وان مایرز  $247 \text{ Mpa}$  در محل فیلت ها می باشد که نشان میدهد سرعت دورانی  $2200$  سرعتی مطمئنه برای میل لنگ بوده و به دلیل اینکه این مقدار کمتر از حد تسلیم می باشد تنش بحرانی رخ نخواهد داد.

پس از تحلیل هارمونیک، جابه جایی - سرعت و شتاب از لحاظ دینامیکی به ترتیب مقدار ماکزیمم  $10^{-5}$  و  $1.5 \times 10^{-5}$  و  $2 \times 10^4$  به دست آمد.





# یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



منابع:

Mahmodi, A. (2007). *statistical investigating of MF285 tractor failure, the third student conference of agricultural machinery mechanic, university of shiraz.*

Besharati givi ,M. (2006). *Production engineering and technology.*(in Persian)

Bousari ,M. (2007). *Principels maintenance of cars.*( Vol. Volume 2, pp. 123-125). ( in Persian)

Shahgoli ,gh.& Irannejad , H. &Fazeli ,S. (2016) .*Stress analysis and modal crank tractor MF285 finiteelement method.* (in Persian)

Ghaseminezhad , M .(2009) *investigating engine life span and failure areasons of some parts of MF285 tractor. proceeding of the 5<sup>th</sup> national confrence of agricultural machinery and mechanization* ,ferdosi university of Mashhad.

Gouring ,K. A.(1991). *Engines internal combustion* . ( Vol. Volume 4, pp. 58-67) (in Persian)

Ranjbarkohan, M.(2008). *Stress analysis of the crankshaft of a 4 cylinder Z4engine using finite element method.*MSC thesis. Agricultural faculty.University of Mohaghegh Ardabili.

Mireei ,S. & Jafari , A. (2006). *Analysis of fatiugein connecting Rod tractor Universal U650 the finite element method in software Ansis.*new agricultural findings.20(1)1(in Persian)

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران