شبیه‌سازی ارتعاشی شاخه درخت گردو با استفاده از نرم افزار ADAMS

مهدی قدیری[۱]، علی‌ماشاءاله کرمانی[۲*]، پیام زرافشان[۳]، ابراهیم فیروزی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، ghadirimahdi@ut.ac.ir
[۲] استادیار و عضو هیأت علمی گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، amkermani@ut.ac.ir
[۳] استادیار و عضو هیأت علمی گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، p.zarafshan@ut.ac.ir
[۴] دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، e.firouzi@ut.ac.ir

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

چکیده

به منظور کاهش هزینه‌های تولید گردو و افزایش کیفیت و نهایتاً بهره‌وری بیشتر تولید محصول گردو ضرورت دارد که مرحله برداشت محصول مکانیزه شود. برداشت محصول از درختان متکی به ایجاد ارتعاش در شاخه یا تنه درخت می¬باشد که در نتیجه آن نیروی اینرسی به میوه وارد می‌شود. از این‌رو آگاهی از ویژگی‌ها و رفتار ارتعاشی اجزای مختلف درخت بخش مهمی از اصول طراحی این نوع از ماشین‌ها می‌باشد. با شبیه‌سازی ارتعاشی درخت با استفاده از نرم‌افزارهای طراحی می‌توان برخی از رفتارهای ارتعاشی درختان را بدون نیاز به انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای پیش‌بینی کرد که سبب طراحی‌های دقیق‌تر و کم هزینه‌تر می‌شوند. در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار طراحی SolidWorks و نرم‌افزار تحلیل دینامیکی ADAMS ارتعاش شاخه درخت گردو توسط یک دستگاه تکاننده کابلی شبیه‌سازی گردید. اثر سه بسامد ارتعاشی ۴، ۹ و ۱۶/۷ هرتز و دو دامنه ارتعاشی ۸ و ۱۲ میلی‌متر در ارتعاش نقطه‌ای به فاصله ۱۰۰ سانتی‌متر از بررسی شد. نتایج نشان داد در دامنه ارتعاشی ثابت تکاننده با افزایش بسامد ارتعاش جابجایی شاخه درخت گردو نیز دارای یک روند صعودی گردید. در بسامد ورودی تکاننده ثابت، با افزایش دامنه ارتعاش هر سه نمودار جابجایی، سرعت و شتاب شاخه گردو به سمت تشدید پیش می‌رود.

کلمات کلیدی: شبیه‌سازی، تکاننده کابلی، برداشت مکانیکی، درخت گردو

* نویسنده مسئول: علی‌ماشاءاله کرمانی، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، تلفن و نمابر: ۰۲۱-۳۶۰۴۰۴۱۶

Vibrating Simulation of Walnut Branch using ADAMS Software

Mahdi Ghadiri[1], Ali M. Kermani[2*], Payam Zarafshan[3], Ibrahim Firouzi[4]

[1] M. Sc. Student, Biosystem Mechanical Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran, ghadirimahdi@ut.ac.ir
[2] Department of Agrotechnology, Aburaihan Campus, University of Tehran, amkermani@ut.ac.ir
[3] Department of Agrotechnology, Aburaihan Campus, University of Tehran, p.zarafshan@ut.ac.ir
[4] M. Sc. Student, Biosystem Mechanical Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran, e.firouzi@ut.ac.ir

ABSTRACT

To reduce walnut production costs, increase in the quality and ultimately the upper worker's productivity of walnut production, it is necessary that the harvesting stage mechanized. Harvesting from trees depends on the vibration of the tree branch or trunk, which results in the inertia of the fruit into the fruit. Therefore, in the rational design of this type of machines knowledge of the vibrational behavior of tree components is important. By simulating the vibration of the tree using design software, some of the vibrational behaviors of the trees can predicted without the need for field experiments, which leads to more precise and less costly design. In this study, using a SolidWorks design software and ADAMS dynamic analysis software, a simulation of a vibrating cable device of a branch of a walnut tree was simulated using tree's physical and mechanical properties. The effect of three vibrating frequencies of 4, 9 and 16.7 Hz and two vibrating amplitudes of 8 and 12 mm on a point vibration of 100 cm distance investigated. The results showed that in a constant vibrating amplitude, with increasing vibration frequency from 4 to 16.7 Hz, the displacement of the walnut branch also had an upward trend. At constant vibrational frequency, with the increase of the vibrational amplitude, three diagrams of displacement, velocity and acceleration of the walnut branch trended to towards exacerbation.

Keywords: Simulation; Cable Shaker; Mechanical harvesting; Walnut

۱- مقدمه

تولید گردو در ایران از قدمت تاریخی برخوردار است .تغییرات سطح زیر کشت و تولید گردو در ایران روند افزایشی نشان می‌دهد. هم اکنون ایران یکی از تولید کنندگان عمده گردو در جهان می‌باشد. بر اساس آمار سال ۲۰۱۲ سازمان غذا و کشاورزی، ایران با تولید سالانه ۴۵۰ هزار تن محصول گردو دومین تولید کننده دنیا بوده است. یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت مغز گردو تسریع در برداشت میوه است. تأخیر در برداشت علاوه بر تیره شدن مغز منجر به کاهش میزان پروتئین، کربوهیدرات و چربی در مغز گردو خواهد شد. روش سنتی برداشت گردو در ایران تکاندن شاخه‌های گردو با استفاده از دو عدد چوب دراز و مستقیم در اندازه‌های مختلف ۷ تا ۹ متر، و ۳ تا ۵ متر است. تکاندن گردو کار با دقتی است و فقط عدهٔ معدودی در هر روستا می‌توانند آن را به نحو مناسب انجام دهند. در ایران همه ساله در فصل برداشت گردو به علت بزرگی درختان گردو کار برداشت با مشکلات عدیده‌ای از جمله خطر سقوط کشاورزان روبرو است و هر ساله ده ها نفر در اثر افتادن از شاخه های بلند درخت در دم جان می‌سپارند و یا بستری و معلول می‌شوند. بنابراین استفاده از روش‌های مکانیزه از الزامات کشاورزی مکانیزه می‌باشد. اصل اساسی در برداشت میوه جات یا میوه های آجیلی (در اثر اعمال ارتعاش) تکان دادن و اعمال شتاب به میوه‌ها است که در نتیجهٔ آن نیروی اینرسی (F= ma) افزایش می‌یابد که از نیروی اتصال بین میوه و شاخه درخت بایستی بیشتر باشد. از جمله مکانیزم‌های مورد استفاده برای برداشت میوه‌های آجیلی مانند گردو استفاده از سیستم‌های تنه تکان یا شاخه‌تکان می‌باشد.

آنالیز ارتعاشی اجزای مختلف درخت و آگاهی از رفتار ارتعاشی آن‌ها یکی از عوامل مهم در طراحی و بهینه‌سازی این نوع تکاننده‌ها می‌باشد. با آگاهی از رفتار ارتعاشی درخت می توان سیستم‌های ایجاد کننده ارتعاش را باصرف هزینه کم‌تر و دقت بالاتر بدون نیاز به آزمایش های مزرعه‌ایی وسیع، طراحی و یا اصلاح نمود. آدریان و فریدلی در سال۱۹۶۵ ارتعاشات درختی که تحت تأثیر نیروی ارتعاشی یک تکاننده ، جرم نامتعادل های قرار داشت تحلیل کردند. یانگ و فریدلی در سال ۱۹۷۵ مدل کامپیوتری سیستم کامل درخت را تشکیل دادند و رفتار ارتعاشی درخت را با استفاده از روش اجزای محدود انجام دادند. آن‌ها با فرض بر اینکه اجزاء درخت، الاستیک، همگن و ایزوتروپیک هستند درخت را به سه ساختار: ۱- تنه درخت، شاخه اصلی و شاخه های فرعی، ۲- میوه و دمچه، و ۳- برگ ها و ترکه‌ها تقسیم‌بندی کردند. آنان معادله‌ی دینامیکی درخت مدل‌سازی شده به صورت زیر بیان کردند.

$$[M]\{\ddot{q}\}+[c]\{\dot{q}\}+[k]\{q\}=\{f\}$$

که در آن:

$[M]=$ ماتریس جرم سیستم، $[c]=$ماتریس میرایی سیستم، $[k]=$ ماتریس سختی سیستم، $\{q\}=$ بردار تغییر مکان سیستم، $\{\dot{q}\}=$ بردار سرعت سیستم، $\{\ddot{q}\}=$ بردار شتاب سیستم، $\{F\}=$ بردار نیروی سیستم.

جعفری و همکاران (۱۳۸۹) موفق به بدست آوردن رابطه بین جرم موثر مجموعه در حال ارتعاش با خواص مرفولوژیکی شاخه درخت گردو و پارامترهای موثر در زمان گرفتن شاخه توسط تکاننده شدند که آن کمک به ارایه شرایط بهینه گرفتن درخت برای کاهش توان مصرفی درخت می‌کرد. علی‌پور و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از نرم افزار ANSYS مدل المان محدود از درخت کامل ریتون را طراحی کردند که امکان اعمال خواص فیزیکی و مکانیکی اجزای مختلف درخت فراهم بود. آنان بهترین بسامد جهت تکاندن درخت زیتون را ۱۷ Hz بیان کردند، چون بیشترین تنش ماکزیمم میانگین را بر روی دمچه ایجاد می‌کرد و بسامد ۱۲/۵ Hz بیشترین تغییر مکان را در تنه درخت ایجاد می‌کرد.

به منظور کاهش هزینه‌های تولید گردو و افزایش کیفیت و نهایتاً بهره‌وری بیشتر تولید محصول گردو ضرورت دارد که مرحله برداشت محصول مکانیزه شود. با عنایت به وضعیت باغات گردوی کشور طراحی و ساخت دستگاهی مناسب برای برداشت مکانیکی گردو ضرورت دارد. از این رو، در این تحقیق به منظور ارتعاش در شاخه درخت گردو با استفاده از یک دستگاه تکاننده کابلی با استفاده از نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور شبیه‌سازی رفتار ارتعاشی شاخه درخت گردو، اجزای درخت در محیط نرم افزار ADAMS شبیه‌سازی گردید. در این تحقیق برای ایجاد نیروی ارتعاشی از یک دستگاه تکاننده کابلی (شکل ۱) که با استفاده از توان خروجی محور توان دهی تراکتور کار می‌کند استفاده گردید. برای این منظور ابتدا دستگاه تکاننده در محیط نرم افزار SolidWorks طراحی سپس برای بررسی رفتار ارتعاشی شاخه درخت گردو در محیط نرم افزارADAMS فراخوان شد. مدل درخت با استفاده از یک تنه اصلی و دو شاخه فرعی مدلسازی شد. برای مدل سازی درخت و سیستم ایجاد ارتعاش در محیط نرم افزار از پارامترهای جدول ۱ استفاده شد.

شکل ۱. دستگاه برداشت تکاننده کابلی

Figure 1. Cable Shaker harvesting machine

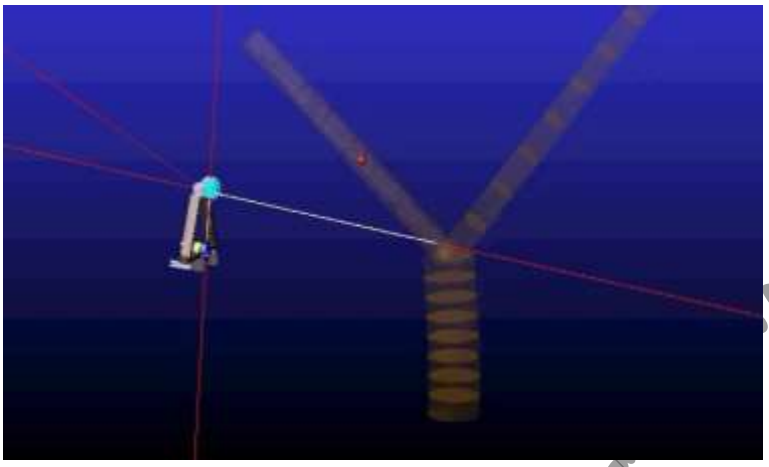
جدول ۱- پارامترهای فیزیکی و مکانیکی درخت گردو و تکاننده کابلی

Table 1. Physical and mechanical parameters of walnut tree and cable shaker

پارامتر	مقدار	واحد	پارامتر	مقدار	واحد
ارتفاع تنه درخت	۱،۵	متر	قطر تنه درخت	۰،۵	متر
مدول الاستیسیته درخت	1.1 e4	نیوتون بر متر مربع	ضریب پواسون اجزاء درخت	۰،۳۳	---
چگالی اجزا درخت	4.38 e-7	کیلوگرم بر میلی‌متر مکعب	قطر شاخه	۰،۲	متر
قطر کابل	۳	میلی‌متر	نسبت میرایی کابل	1 e-2	---
مدول الاستیسیته کابل	2 e8	نیوتون بر متر مربع	چگالی کابل	7.8 e-6	کیلوگرم بر میلی‌متر مکعب

مکانیزم ایجاد ارتعاش در این تکاننده با استفاده از لنگی موجود در سیستم که با سه شعاع ۴، ۸ و ۱۲ میلی‌متری و توان ورودی از محور تواندهی

تراکتور در سه سطح سرعت دورانی ۲۵۰، ۵۴۰ و ۱۰۰۰ دور بر دقیقه در نظر گرفته شد. زاویه اتصال کابل به درخت ۹۰ درجه و در ارتفاع تنه اصلی درخت ۱٫۵ متر و محل اتصال کابل ابتدای شاخه فرعی می‌باشد. مشخصات شاخه گردو از مقالات استخراج گردید. برای مدل‌سازی درخت گردو، از روش المان‌بندی در نرم‌افزار استفاده شد. که با این روش می‌توانیم خروجی‌های مورد نیاز را در هر المان مورد نظر به دست آمد (شکل ۲). در این مدل-سازی شاخه‌های درخت را به عنوان تیر یک سر گیردار در نظر گرفته شد.



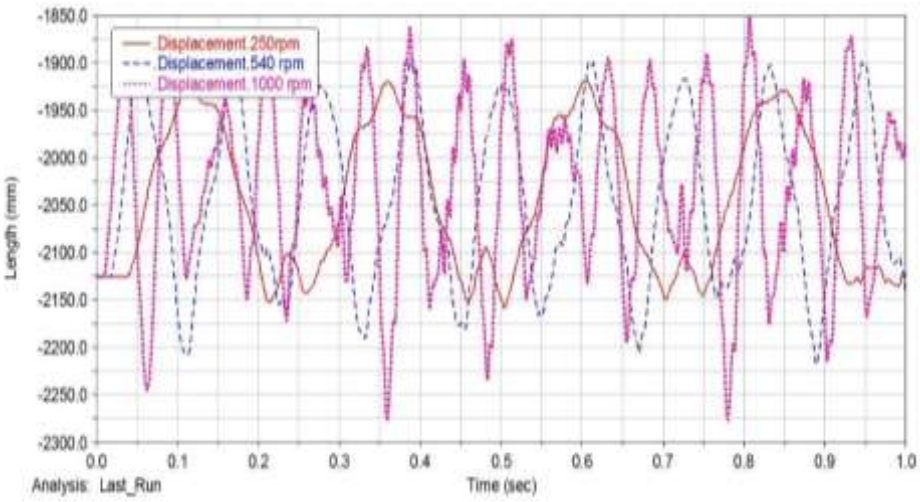
شکل ۲. تصویر مدل شده درخت و تکاننده کابلی.

Figure 2. Simulated the tree and cable shaker.

در محیط نرم افزار ADAMS نمودارهای جابجایی، سرعت و شتاب در نقطه‌ای روی شاخه در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از نقطه اتصال کابل به شاخه استخراج شد. لازم به ذکر است که با توجه به سایر مشخصات شامل وزن میوه و نیروی مقاومت اتصال میوه به درخت در خصوص ریزش محصول می-توان تحلیل ارائه گردد.

۳- نتایج و بحث

در شکل شماره (۳) با تغییر سرعت دورانی محور تواندهی تراکتور به دستگاه تکاننده در سه سطح ۲۵۰، ۵۴۰ و ۱۰۰۰ دور بر دقیقه (معادل بسامد ارتعاش‌های ۴ به ۹ و ۱۶/۷ هرتز) با شعاع لنگ (دامنه ارتعاش) ۸ میلی‌متر جابجایی در نقطه‌ای روی شاخه در فاصله ۱۰۰ سامتی‌متری از نقطه اتصال کابل به شاخه درخت نشان داده شده است. نمودارها نشان می‌دهد با افزایش بسامد میزان جابجایی نقطه مورد نظر افزایش می‌یابد.

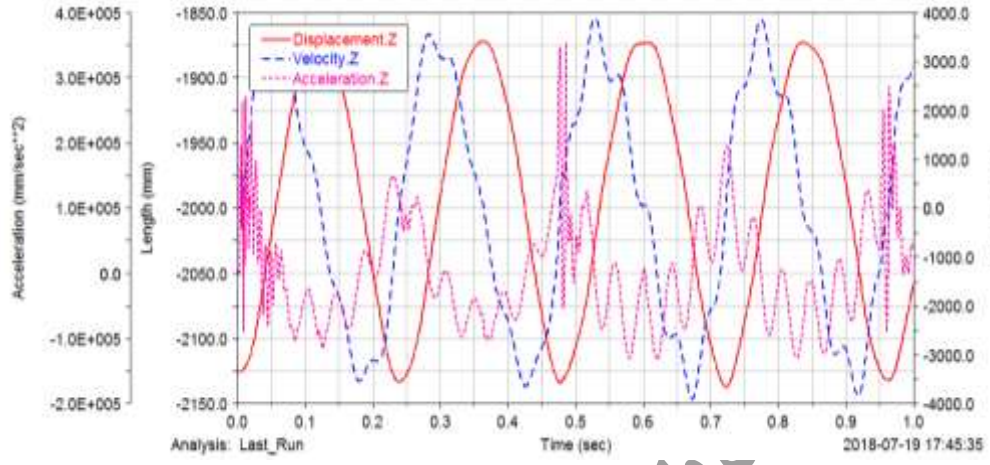


شکل ۳. نمودار جابجایی نقطه به فاصله ۱۰۰ سانتی‌متر از نقطه اتصال تکاننده بر روی شاخه درخت برای بسامدهای مختلف ورودی.

Figure 3. Displacement graph at desired point on a tree branch for various input frequencies.

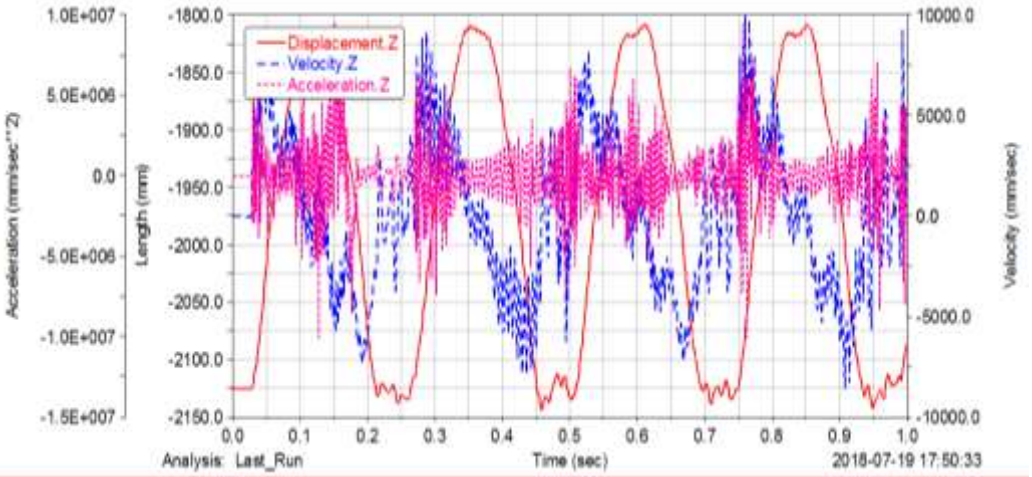
شکل‌های ۴ و ۵ نمودارهای جابجایی، سرعت و شتاب نقطه به فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از نقطه اتصال کابل دستگاه تکاننده را به ترتیب برای دامنه

ارتعاشات (شعاع‌های لنگ) ۸ و ۱۲ میلی‌متر برای بسامدهای ۹ هرتز (محور تواندهی ۵۴۰ دور در دقیقه) را نشان می‌دهد. مقایسه این دو شکل نشان می‌دهد که با افزایش شعاع لنگی (دامنه ارتعاش) روند ارتعاش شاخه درخت به سمت بسامد تشدید متمایل می‌شود. بی نظمی‌های نمودارهای سرعت و شتاب نشان می‌دهد که در شرایط دامنه ارتعاش ۱۲ ملی‌متر و بسامد ۹ هرتز از فرکانس طبیعی شاخه درخت گردو عبور کرده است و برای رسیدن به وضعیت تشدید بایستی دامنه ارتعاش از مقدار ۱۲ میلی‌متر کاهش یابد. این موضوع با مشاهدات تجربی مطابقت داشت.



شکل ۴. نمودارهای جابجایی، سرعت و شتاب نقطه مورد نظر روی شاخه درخت برای دامنه ارتعاش ۸ میلی‌متر.

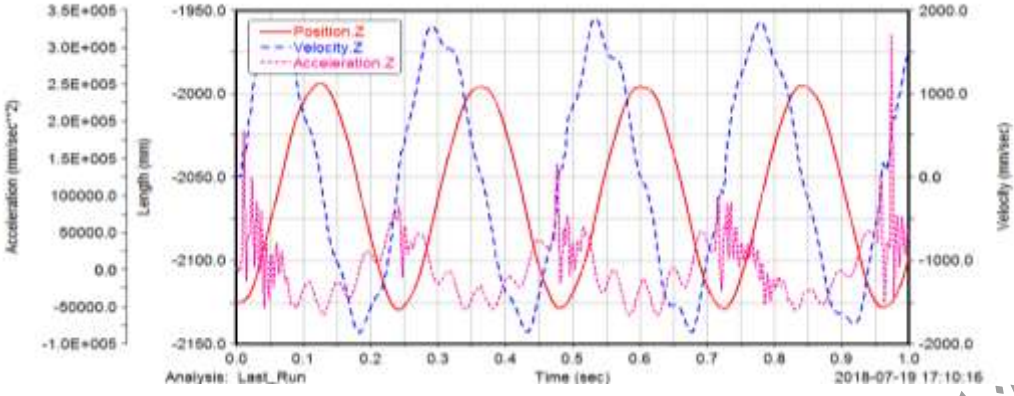
Figure 4. Displacement, velocity and acceleration graph at desired point on a tree branch for amplitude of 8 mm.



شکل۵. نمودارهای جابجایی،سرعت و شتاب شاخه درخت با دامنه ارتعاش ۱۲ میلی‌متر.

Figure 5. Displacement, velocity and acceleration graph at desired point on a tree branch for amplitudes of 12 mm

نمودار شکل ۶ وضعیت ارتعاش نقطه مورد نظر را در دامنه ارتعاش (شعاع لنگ) ۴ میلی‌متر برای بسامد ۹ هرتز (محور تواندهی ۵۴۰ دور در دقیقه) را نشان می‌دهد که در این شرایط انتقال ارتعاش در طول شاخه برای حصول شرایط جداسازی میوه تأمین نمی‌شود. برای حصول شرایط مطلوب بایستی تغییر در دامنه ارتعاش یا بسامد صورت پذیرد.



شکل۶. نمودارهای جابجایی،سرعت و شتاب شاخه درخت با دامنه ارتعاش ۴ میلی‌متر.

Figure 6. Displacement, velocity and acceleration graph at desired point on a tree branch for amplitude of 4 mm.

۴- نتیجه‌گیری

با بررسی نمودارهای خروجی‌های جابجایی، سرعت و شتاب نرم افزار شبیه‌سازی ADAMS در برای نقطه‌ای به فاصله ۱۰۰ سانتی‌متر از نقطه اتصال کابل دستگاه تکاننده نتایج زیر ارائه می‌شود:

۱- در یک دامنه ارتعاشی ثابت دستگاه تکاننده با افزایش بسامد تکاننده از ۴ به ۱۶/۷ هرتز، جابجایی شاخه درخت گردو نیز از یک روند منطقی و صعودی پیروی می‌کند.

۲- با ثابت ماندن بسامد ورودی تکاننده و افزایش دامنه ارتعاش دستگاه تکاننده کابلی، هر سه نمودار جابجایی، سرعت و شتاب شاخه گردو به سمت تشدید پیش می‌رود. یعنی می‌توان با افزایش قطر لنگی سیستم بدون تغییر بسامد ورودی شاخه درخت به ارتعاش طبیعی رساند و در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود.

۵- مراجع

۱- علی‌پور، ج.، مدرس مطلق، ا.، و رحمانی‌دیدار، ع. (۱۳۸۷). شبیه‌سازی و آنالیز رفتار ارتعاشی درخت زیتون با استفاده از نرم‌افزارANSYS. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۶ -۷ شهریور ۱۳۸۷، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

۲- حیدری، ح.، جعفری، ع. و مبلی، ح. ۱۳۸۹. بررسی مدل ارتعاشی شاخه درخت گردو. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۲۴-۲۵ شهریور ۱۳۸۹، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.

3- Adrian, P. A., Fridley, R. B. 1965. Dynamics and design criteria of inertia-type tree shakers. *Transactions of the ASAE*, 8(1): 12-14.

4- Yung, C. and Fridley, R. B. 1975 simulation of vibration of whole tree system using finite element. *Transactions of ASAE*, 18(3): 475-481.

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