

اندازه گیری و آنالیز سطوح ارتعاشی ناشی از حمل و نقل برای دو نوع کامیون حامل میوه با سیستم تعلیق فولادی و کیسه بادی

• بهنام سلیمانی¹، ابراهیم احمدی²، علیرضا شوشتری³، حسین حاجی آقا علیزاده²

1 - دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشه‌های کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

2 - استادیار بخش مکانیک ماشه‌های کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

3 - استادیار بخش مکانیک دانشگاه بوعلی سینا همدان

behnamslamani@yahoo.com

چکیده

اکثر محصولات کشاورزی در کشور، از محل تولید تا بازار فروش به وسیله کامیون حمل و نقل می شوند. ارتعاشات ناشی از حمل و نقل اثر قابل توجهی بر روی میزان صدمات وارد بر محصولات کشاورزی مانند میوه و سبزیجات دارد. سطوح ارتعاشی که در طی حمل و نقل رخ خواهد داد به مشخصه های وسیله نقلیه (سرعت پیشروی و سیستم تعلیق)، مشخصه های جاده و ویژگی های مکانیکی محصول بستگی دارد. برای اندازه گیری سطوح ارتعاش کامیون حامل میوه، از دو کامیون مرسوم مورد استفاده در ایران، بنز 808 (خاور) مجهز به سیستم تعلیق فنر-تخت و بنز آتگو 2528 مجهز به سیستم تعلیق فنر-بادی استفاده شد. داده های ارتعاش با استفاده از سنسور شتاب سنج 3 محوره که درون بسته بندی جعبه های 12 کیلوپی به ابعاد 21*29*41 سانتی متر تعبیه شده بود، ثبت شد و به صورت تابع PSD یا تابع چگالی طیفی توان آنالیز شد. نتایج نشان داد که در جاده اتوبان و سرعت 60 km/h، برای کامیون فنر-تخت مقدار پیک PSD، $0/176 \text{ g}^2/\text{hz}$ و مقدار RMS شتاب $1/22 \text{ m/s}^2$ و برای کامیون فنر-بادی، به ترتیب $0/0637$ و $0/560 \text{ m/s}^2$ در جهت عمودی بدست آمد. همچنین مشخص شد، سطح نمودار PSD، در جاده مورد آزمایش در کامیون مجهز به سیستم تعلیق فنر-تخت بالاتر از کامیون مجهز به سیستم تعلیق فنر-بادی بود. و با بررسی تأثیر سرعت بوسطوح ارتعاش مشخص شد که با افزایش سرعت از 20 km/h تا 80 km/h، سطوح نمودار PSD روند افزایشی دارد.

کلمات کلیدی: ارتعاش، جاده، حمل و نقل، سیستم تعلیق، میوه.

مقدمه

حمل و نقل با کامیون یکی از معمول ترین راه های جابجایی کالاهای فاسد شدنی است و به دلیل کوتاه تر بودن زمان حمل و قابلیت انعطاف بیشتر در مسیر های حمل، نسبت به د و روش ریلی و دریایی ارجحیت دارد [Jarimopas et al., 2004]. محصولات کشاورزی در طی حمل از مزرعه تا بازار تحت تأثیر نیروهای ارتعاش، فشار و ضربه قرار می گیرند [Gebresenbet, et al, 2011]. میوه ها و سبزیجات به دلیل داشتن مقاومت کم در پوسته و رطوبت بالا، دارای حساسیت بسیار بالایی در برابر آسیب های مکانیکی هستند [شهبازی و همکاران 1388]. مقدار ضایعات بعد از برداشت میوه ها و در پروسه ی جابجایی بین تولید کننده و مصرف کننده در چین حدود 30 تا 40

درصد تخمین زده می‌شود [Barchi, et al., 2002]. شرایط جاده‌ای، رانندگی ضعیف و سیستم تعلیق نامناسب از مهم‌ترین فاکتورهایی هستند که می‌توانند باعث ایجاد ارتعاش و از بین رفتن تعادل در حین رانندگی شوند [Gebresenbent, 2003]. و همچنین مقدار شتاب در لایه‌های بالایی جایی که بیشترین صدمه اتفاق می‌افتد بستگی به عمق مهوه‌های درون ظرف و نوع سیستم تعلیق کامیون و همچنین مشخصات ارتعاشی مهوه‌های مختلف دارد [Jarimopas et al., 2004]. حرکت و جابجایی کف کامیون را می‌توان به وسیله بدست آوردن طیف فرکانسی که بر پایه شتاب تصادفی عمودی کف کامیون است، مشخص کرد و همچنین می‌توان به وسیله نمودار چگالی طیفی توان (PSD) نشان داد [Timm et al., 1996]. کامیون‌هایی که به سیستم تعلیق فولادی مجهز هستند دارای یک چگالی طیفی توان حداکثر معین بین ۱ و ۵ هرتز در فرآیند نقل و انتقال می‌باشد [Timm et al., 1996 and Singh and Xu 1993]. میزان PSD در کامیون‌های با سیستم تعلیق بادی ۱/۵-۱ برابر کمتر از کامیون‌های دارای سیستم تعلیق فولادی می‌باشد [Timm et al., 1996]. Hirsch و همکاران [1993] با کامیون‌های نیمه تریلر مجهز به سیستم تعلیق صفحه فنری، بالاترین سطح PSD را حدود 3/5 هرتز بدست آوردند، و برای کامیون‌های تریلر مجهز به سیستم تعلیق بادی و بارگیری شده به وسیله گوجه نیز 3/5 هرتز بدست آوردند و بیشترین سطح PSD را در عقب کامیون پیدا کردند. Zhou و همکاران [2007] بیان کردند که سطح ارتعاش کف کامیون در موقعیت جلو و عقب محور کامیون متفاوت است، و بدست آوردند که در طول کل مسیر سطح ارتعاش مربوط به موقعیت عقب کامیون نسبت به موقعیت جلو کامیون بیشتر بود و منجر به ایجاد خسارت سنگین‌تری به گلابی بارگیری شده در قسمت بالای محور عقب، نسبت به قسمت بالای محور جلو شد. و می‌توان با استفاده از روش‌ها و وسایل جذب شوک، آسیب مکانیکی وارد به گلابی که در موقعیت محور عقب قرار دارد را کاهش داد.

محققان دیگری نیز نشان داده‌اند که سیستم تعلیق بادی، کیفیت سواری را به مقدار زیادی بهبود بخشیده و از سطوح شتاب وارده کاسته است که این باعث کاهش صدمات می‌شود. [sing and Marcondes 1992]. سال 1990 سالی برای تغییر و تحول در سیستم تعلیق کامیون‌های یخچالی در آمریکای شمالی بود به طوری که سیستم‌های فنری به بادی تبدیل شدند که البته این سیستم‌ها گران‌تر و نیازمند سرویس بیشتری هستند. [Jarimopas et al., 2004]

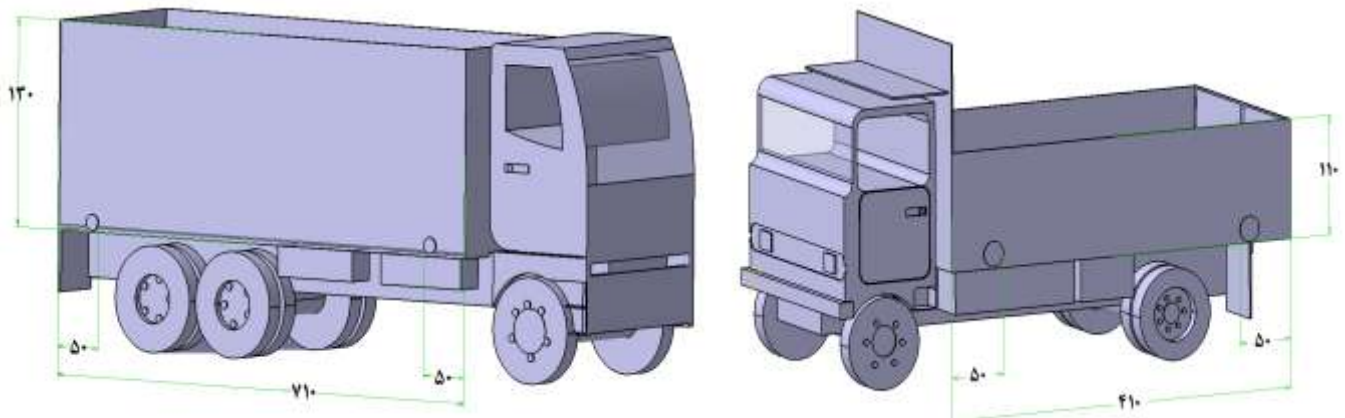
مواد و روش‌ها

برای اندازه‌گیری سطوح ارتعاشی در کامیون حامل میوه و محصول بسته بندی شده، از یک شتاب سنج سه محوره متصل به دستگاه پردازش سیگنال استفاده شد. مواد و تجهیزات مورد استفاده جهت اندازه‌گیری ارتعاش عبارت بود از: شتاب سنج سه محوره مدل (Piezotronics-320c33-PCB; sensivity: 105.2Mv/g)، دستگاه پردازش سیگنال چهار کاناله مدل (ECON, AVANT Lite, Model MI-6004) و یک دستگاه نوت بوک جهت ثبت داده‌ها استفاده شد.

جدول (1) مشخصه های اصلی دو کامیون مورد استفاده برای حمل میوه بسته بندی شده را نشان می دهد. و در شکل (1) نمای شماتیک و ابعاد اتاقک بارگیری و همچنین محل قرارگیری شتاب سنج در کف کامیون مشخص شده است.

جدول 1- مشخصات کامیون هایی که ارتعاش آن ها اندازه گیری شد

نوع کامیون	تعداد اکسل	سیستم تعلیق	ابعاد اتاقک بارگیری	وزن کامیون (همراه بلمیوه)
بنز آتکو مدل 2528	3	بادی	طول: 710 cm ، ارتفاع: 130 cm	25 تن
بنز خاور مدل 808	2	فنر- تخت	طول: 435 cm ، ارتفاع: 110 cm	5 تن



ب: بنز آتکو مدل 2528 با سیستم تعلیق بادی

الف: بنز خاور مدل 808 با سیستم تعلیق فنر-تخت

شکل 1- نمای شماتیک دو کامیون مورد استفاده و موقعیت قرارگیری شتاب سنج در محور جلو عقب (ابعاد به سانتی متر)

شتاب سنج درون یک سیب آزمایشگاهی که خصوصیات سفتی و دمیپینگ آن نزدیک به سیب معمولی بود تعبیه شد. میوه آزمایشگاهی حاوی شتاب سنج به همراه سایر میوه ها درون ظرف های پلاستیکی (RPCs²) به ابعاد 21*29*41 سانتی متر بسته بندی شد. گنجایش ظرف های بسته بندی شده 12 kg بود و میوه ها در سه ردیف و به یک شکل درون ظرف RPC قرار داده شدند و میوه آزمایشگاهی در لایه ی زیرین میوه ها قرار گرفته شد. ظروف RPC درون کامیون بارگیری شد به طوری که در هر ستون 5 ظرف RPC قرار داده شد و ظرف حاوی شتاب سنج در کف کامیون قرار داده شد. شکل (2). موقعیت قرارگیری شتاب سنج نسبت به محور جلو و محور عقب در شکل (1) نشان داده شده است. شتاب سنج به دستگاه پردازش سیگنال وصل شده و داده های شتاب و فرکانس و همچنین مقادیر PSD³ و RMS³ شتاب بدست آمد. برای اندازه گیری ارتعاش، در هر 3 دقیقه، 30 ثانیه داده ثبت شد که هر مرحله آزمایش به طور میانگین 30 دقیقه به طول انجامید. برای بررسی اثر سیستم تعلیق بر ارتعاش

² - reusable plastic containers

³ - Root mean square (r.m.s.) acceleration

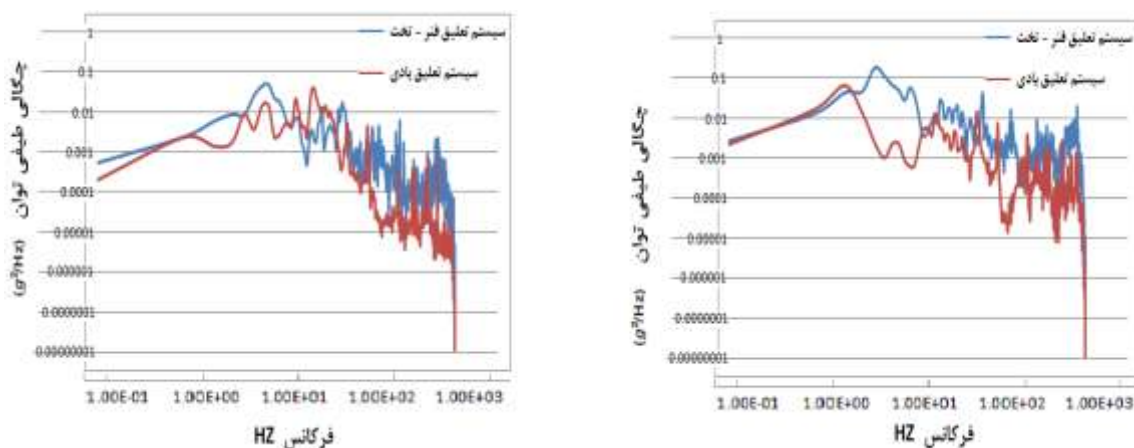
وارد به موهه های بسته بندی شده جاده مورد استفاده، جاده بزرگراه شیراز- اصفهان و سرعت کامیون 60 km/h بود. و برای بررسی اثر سرعت پیشروی بر ارتعاش وارد به موهه ها، شتاب سنج در محور عقب کامیون قرار داده شد و در جاده بزرگراه آزمایش ها در چهار سرعت 20 km/h ، 40 km/h ، 60 km/h و 80 km/h انجام شد.



شکل 2- بسته بندی میوه درون ظرف های RPC و بارگیری درون کامیون

نتایج و بحث

داده های ثبت شده برای محاسبه ی سطوح PSD به عنوان تابعی از فرکانس آنالیز شدند. این داده ها در محدوده ی فرکانسی 0/1 – 375 هرتز بررسی شدند. شکل (3) نمودار PSD را برای دو نوع کامیون مورد آزمایش در دو موقعیت محور جلو و محور عقب کامیون نشان می دهد. و مشخص می کند که سطوح ارتعاش در کامیون با سیستم تعلیق فنری بالاتر از کامیون مجهز به سیستم تعلیق بادی است.

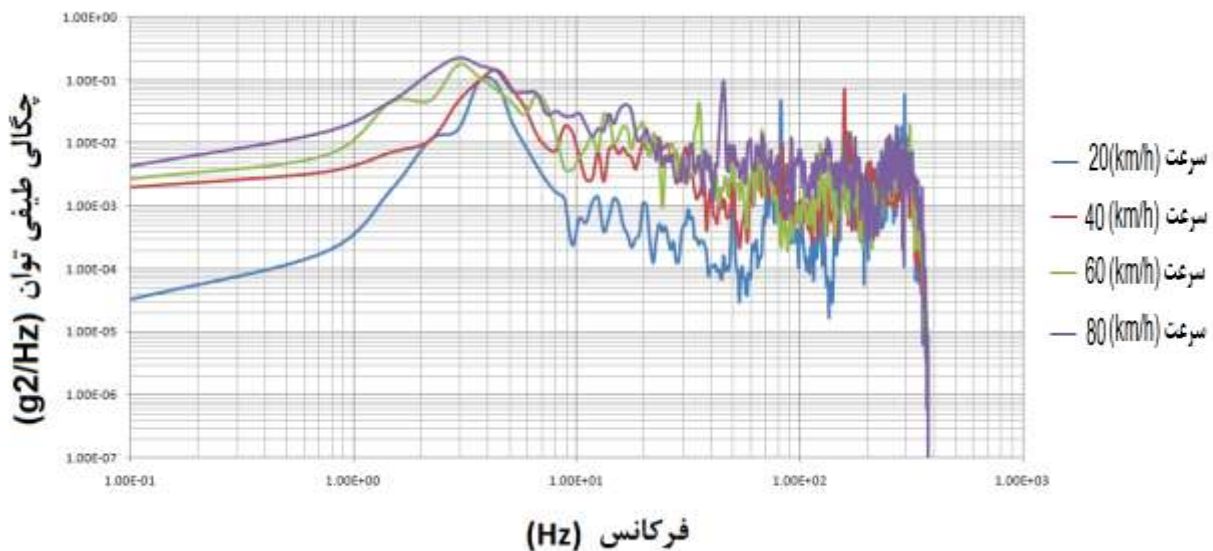


ب: موقعیت محور جلو کامیون

الف: موقعیت محور عقب

شکل 3- مقادیر PSD برای دو کامیون مورد استفاده در جاده بزرگراه و سرعت 60 km/h

شکل (4) نمودار PSD را برای کامیون مجهز به سیستم تعلیق فنری در موقعیت اکسل عقب در سرعت های مختلف را نشان می دهد که با افزایش سرعت سطوح ارتعاش افزایش می یابد.



شکل 4- نمودار PSD برای کامیون مجهز به سیستم تعلیق فنری، جاده بزرگراه، محور عقب در چهار سرعت مختلف

به طور کلی هنگام آنالیز داده های بدست آمده در شرایط مختلف، 3 دامنه ی فرکانسی داریم.

1 - 0/1-5 هرتز، که نشان دهنده ی پاسخ سیستم تعلیق است.

2 - 5-20 هرتز که مشخص کننده ی نوع پاسخ است.

3 - دامنه ی < 20 هرتز، نشان دهنده ی پاسخ فرکانس های بالایی که ناشی از ساختار بدنه کامیون و پستی

بلندی های جاده و شرایط جاده ای است. [Jarimopas et al., 2004]

داده ها در این 3 دامنه برای مقایسه کیفیت سواری بر اساس نوع سیستم تعلیق مقایسه شدند. برای هر دو

کامیون بیشترین مقدار PSD در دامنه ی 0/1-5 هرتز رخ داد و مقدار پیک PSD و RMS شتاب در کامیون

مجهز به سیستم تعلیق فنری به طور معنی داری بیشتر از کامیون بادی بود.

سطوح ارتعاش اندازه گیری شده در موقعیت های مختلف در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 2- داده های ارتعاش اندازه گیری شده برای دو کامیون مورد آزمایش در جاده بزرگراه و سرعت 60 km/h

RMS acceleration m/s^2	Peak PSD g^2/hz	Average PSD g^2/hz				
		20 < Hz	5 - 20 Hz	0/1 - 5 Hz		
0/650	0/0476	0/000527	0/00561	0/0177	محور جلو	سیستم تعلیق
1/22	0/176	0/00266	0/0174	0/0626	محور عقب	فنری
0/510	0/0436	0/000151	0/0053	0/0124	محور جلو	سیستم تعلیق
0/560	0/0637	0/000414	0/0039	0/0153	محور عقب	بادی

نتایج بدست آمده با نتایج محققان دیگر از جمله Jarimopas et al., 2004 هم‌خواری دارد، به طوری که مقدار PSD را برای کامپون‌های حامل نارنگی در جاده آسفالتی در تایلند با سرعت 80 km/h ، $0/0276 \text{ g}^2/\text{hz}$ بدست آوردند. و همچنین مقادیر RMS بدست آمده توسط Barchi et al., 2002 در کامپون‌های حامل میوه در جاده‌های فرانسه و اسپانیا در سرعت 60 km/h ، به ترتیب $0/403 \text{ m/s}^2$ و $0/411 \text{ m/s}^2$ بدست آمد که از مقادیر بدست آمده در این پژوهش کمتر بود.

منابع

شهبازی، ف. رجبی پور، ع. محتسبی، س. رفیعی، ش. اثر ارتعاشات حمل و نقل بر روی مدول الاستیسیته هندوانه رقم کریسمون سوئیت. مجله ی مهندسی بیوسیستم ایران (40) 1 ، 1388 (25-15)

Barchi, G. L., Berardinelli, A., Guarnieri, A., Ragni, L., Totaro Fila, C., 2002. Damage to loquasts by vibration-simulating intra-state transport. *Biosystems Engineering*, 82, 305-312.

Gebresenbet, G. (2003). Current research on animal transport: Evaluation and recommendations. Sentient beings or insensitive goods. Swedish Government Official Reports. SOU. 267e305

Gebresenbet, G Aradom, S., Bulitta, Hjerpe, E. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. *biosystems engineering* 110(2011)10e19

Hinsch, R.T., Slaughter, D.C., Craig, W.L., Thompson, J.F., 1993. Vibration of fresh fruits and vegetables during refrigerated truck transport. *Transactions of the ASAE*, 36, 1039-1042.

Jarimopas B, Singh SP, Saengnil, W. Measurement and analysis of truck transport vibration levels in Thailand and damage to packaged tangerines during transit. *Packaging Technology and Science* 2005; **18**(4): 179-188.

Singh SP, Marcondes J. Vibration levels in commercial truck shipments as a function of suspension and payload. *J. Test. Eval.* 1992; **20**(6): 466-469

Singh, S.P., Xu, M., 1993. Bruising in apples as a function of truck vibration and packaging. *Applied Engineering in Agriculture*, 9, 455-460.

Timm, E.J., Brown, G.K., Armstrong, P.R., 1996. Apple damage in bulk bins during semi-trailer transport. *Applied Engineering in Agriculture*, 12, 369-377

Zhou, R. Su, S. Yan, S. Li, Y. 2007. Effect of transport vibration levels on mechanical damage and physiological responses of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua). *Postharvest Biology and Technology* 46 (2007) 20-28