# تعیین شاخص‌های مصرف انرژی مبتنی بر انتشار گاز $CO_2$ در باغات گردو-مطالعه موردی: شهرستان تویسرکان

**زهرا مالمیر[1]، زینب رمدانی[2*]**

[1]دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه رازی؛ zahra.malmir@yahoo.com
[2]دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه رازی؛ zeynab.ramedani@gmail.com

## چکیده

گردو از محصولات مهم تولید شهرستان تویسرکان می‌باشد. در این مطالعه میزان انرژی نهاده‌های ورودی به باغ گردو مورد ارزیابی قرار می گردد. اطلاعات از طریق پرسش و پاسخ مستقیم با ۳۰ باغدار تولید کننده گردو و به طریق نمونه‌گیری تصادفی جمع‌آوری شد. کل مصرف انرژی برای تولید این محصول برابر ۳۲۳۹۴/۷۲ MJ $ha^{-1}$ تعیین شد. کل انرژی بدست آمده نیز مقدار ۴۷۳۶۳/۵۴ MJ $ha^{-1}$ محاسبه شد که تقریبا ۷۷٪ آن مربوط به انرژی پوست سبز گردو بود. مغز گردو و پوست کاغذی به‌ترتیب ۱۶٪ و ۷٪ انرژی خروجی را به خود اختصاص دادند. شاخص شدت انرژی ۱۲/۲۴ مگاژول برای هر کیلوگرم گردوی سبز بدست آمد. میزان انتشار گاز $CO_2$ در باغ ۱۰۸۷/۰۹ کیلوگرم در هر هکتار تخمین زده شد.

**کلمات کلیدی:** انرژی ورودی؛ شدت انرژی؛ انتشار گاز $CO_2$

# Determining of energy consumption forms based on $CO_2$ emission in walnut production-Case study: Tuyserkan county

**Zahra Malmir[1], Zeynab Ramedani[2*]**
[1]Student in agricultural mechanization engineering, zahra.malmir@yahoo.com
[2]Ph.D. in agricultural mechanization engineering, zeynab.ramedani@gmail.com

***ABSTRACT***

Walnut is one of the most important products of the Tuyserkan county. In this study, the energy inputs to the walnut orchards were evaluated. The data used in this study were obtained from 30 walnut orchards using a face-to-face questionnaire base of random sampling method. The total energy consumption for this product was set at 32394 72/7 MJ $ha^{-1}$. The total obtained energy was calculated as 47363.5 MJ $ha^{-1}$ which about 77% was related to its green shell. The walnut and its wooden shell were formed 16% and 7% of the total output energy, respectively. The energy intensity index was estimated 12.22 mega Jules per kilogram of green walnut. The $CO_2$ emissions in the orchard were estimated at 1087 kg $ha^{-1}$.

**Keywords:** Input energy; Energy intensity, $CO_2$ emission,

*زینب رمدانی، دانشکده کشاورزی سنقر، دانشگاه رازی، کرمانشاه. Tel:+98834843466 Email: .zeynab.ramedani@gmail.com

## ۱- مقدمه

گردو یکی از مهمترین مغزهای خوراکی می‌باشد. این میوه در دنیا به گردوی پارسی شناخته شده است، زیرا که ابتدا از ایران به کشورهای همسایه و از آنجا به روم برده شد (Verma, 2014). هم اکنون کشورهای چین، آمریکا و ایران از مهمترین تولید کنندگان این محصول هستند (FAO., 2007). درخت گردو جهت داشتن میوه سالم به مراقبت زیاد نیاز دارد و در صورت تامین به موقع نیاز آبی و غذایی آن سود آوری بیشتری خواهد داشت. وجود انرژی در تمام مراحل تامین غذا از مزرعه ضروری است. تولید، تبدیل و مصرف انرژی روی محیط‌زیست تاثیر گذار است. امروزه متخصصین امر محیط‌زیست این انتظار را دارند که فعالیت‌های بشر کمترین اثرات تخریبی را به همراه داشته و در روند توسعه پایدار باشد. رابطه بین توسعه پایدار و بهره‌گیری از منابع، به‌ویژه انرژی از مهم‌ترین مسایل جوامع بشری است و تحقق توسعه پایدار در گرو استفاده کارا از منابع انرژی است (Ramedani., 2018). از این لحاظ محققان بخش کشاورزی و باغبانی در مطالعات خود تلاش کرده‌اند تا مصرف انرژی را در محصولات مختلف تعیین نمایند. تولید و پرورش هر محصولی جدا از نیاز به خاک و نور خورشید، مستلزم بکارگیری از نهاده‌هایی همچون سموم کشاورزی و یا آب آبیاری می‌باشد. تعیین شاخص‌های مصرف انرژی در جهت سرعت بخشیدن به تولید محصولات و استفاده کارآمد از منابع تجدیدپذیر و غیرتجدید پذیر اثرگذار است. مطالعات گشترده‌ای در جهت بررسی انرژی مصرفی محصولات مختلف انجام شده است. مطالعه انجام شده در تولید گردو (Baneian et al., 2010; Baran et al., 2017)، هلو و کیلاس (Aydin and Akturk, 2018;)، سیب (Rafiee et al., 2010) و انگور (Rajabi Hamedani et al., 2011) حاکی از توجه محققان به تعیین مقدار مصرف انرژی می‌باشد.

مطالعه حاضر سعی در بررسی نهاده‌های مختلف مصرف‌کننده انرژی، تعیین میزان کل مصرف انرژی و سهم هر یک از نهاده‌ها در آن، میزان انرژی بدست آمده از محصول گردو به همراه تعیین میزان گاز $CO_2$ در شهرستان تویسرکان واقع در استان همدان می‌باشد.

## ۲- بخش مواد و روش‌ها

شهرستان تویسرکان واقع در استان همدان، در عرض جغرافیایی ۳۴/۵۵، طول جغرافیایی ۴۸/۴۴ و ارتفاع ۱۷۸۰ متری از سطح دریا قرار دارد (Anone, 2018). این استان از لحاظ تولید میوه‌های خشک در رتبه پنجم کشوری قرار دارد (Anone, 2016). تویسرکان با داشتن بیش از پنج هزار و ۵۰۰ هکتار باغ گردو و تولید این محصول با مرغوبیتی در مقیاس جهانی، پایتخت گردوی ایران نام گرفته است (Anone, 2017). اطلاعات این تحقیق با پرسش و پاسخ مستقیم از ۳۰ باغدار در اردیبهشت سال ۱۳۹۷ جمع آوری گشت که مربوط به سال زراعی ۹۶-۹۵ می‌باشند. حجم نمونه با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی بدست آمد. بدین منظور از فرمول (۱) برای تعیین حجم نمونه استفاده شد (Yamane, 1967).

$$n = \frac{N(S \times t)^2}{(N-1)d^2 + (S \times t)^2} \quad (۱)$$

که در آن"n" حجم نمونه، "N" حجم جامعه، "s" انحراف معیار جامعه، "d" خطای قابل قبول (خطای مجاز ۵٪) و "t" مقدار t در سطح اطمینان ۹۵٪ می باشد.

نهاده‌های مختلف در باغات گردو مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نهاده‌ها شامل: نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت، کود شیمیایی، سموم شیمیایی و الکتریسیته می‌باشند. شاخصی به‌نام تراز انرژی (جدول(۱)) وجود دارد که بیانگر میزان گرمای نهان تبخیر بالای موجود در عناصر و مواد مختلف است. با تعیین مقدار مصرف شده هر نهاده در هکتار و ضرب نمودن ان در تراز انرژی، میزان انرژی وارد شده به باغ قابل محاسبه است. میزان انرژی ستانده (محصول خروجی) نیز به‌همین صورت انجام می‌پذیرد.

ادوات و ماشین‌های مختلفی در باغات گردو با هدف شخم پای درختان، هَرَس، پخش کود دامی، برداشت و کندن پوست سبز گردو مورد استفاده قرار می‌گیرند. منظور از محاسبه انرژی ماشینی، میزان انرژی لازم جهت ساخت آن‌ها در کارخانه می‌باشد. رابطه (۲) جهت محاسبه انرژی ماشین ارائه شده است (Ramedani et al., 2011). بدین جهت باید جرم ادوات (M) به kg را در تراز انرژی (E) با واحد $MJ\ kg^{-1}$ و ساعات استفاده از ماشین در هکتار ضرب کرده (t) و در نهایت بر عمر مفید ماشین (T) بر حسب ساعت تقسیم نمود.

$$Em = \frac{M.E.t}{T} \quad (۲)$$

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

می‌توان نیروی انسانی را جزو نهاده‌های انرژی بر قرار نداد زیرا که انسان در هر حالت در حال مصرف انرژی است، همچانکه انرژی خورشیدی که در فتوسنتز گیاه نقش دارد نیز مورد لحاظ قرار نمی‌گیرد. همچنین منظور از بررسی تبادل انرژی، بررسی نهاده‌هایی است که جهت تولید آن‌ها از سوخت‌های فسیلی و اترژی‌های غیرتجدید پذیر استفاده می‌گردد (Maysami, 2013). در این صورت می‌توان تنها ساعات کارگرد انسان در واحد سطح را ارائه نمود. در این مطالعه نیروی کار انسان هم بصورت انرژی و هم بصورت ساعات کاری در هر هکتار ارائه شده است.

**Table 1- Energy equivalents of inputs and output in agricultural production.**

**جدول ۱- محتوی انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید گردو**

| A. Input | Unit | Energy equivalent (MJ unit$^{-1}$) | References |
|---|---|---|---|
| 1.Human | h | 1.96 | |
| 2.Machinery | kg | | |
| (a)Tractors and self-propelled machines | | 9-10 | (Kitanee, 1999) |
| (b)Stationary equipment | | 8-10 | (Kitanee, 1999) |
| (c)Agricultural machinery and implements | | 6-8 | (Kitanee, 1999) |
| 3.Chemical Fertilizers | kg | | |
| 4.fuel | L | 47.8 | (Kitanee, 1999) |
| (a)Nitrogen | | 78.1 | (Kitanee, 1999) |
| (b)Phosphate | | 17.4 | (Kitanee, 1999) |
| (c)Potassium | | 13.7 | (Kitanee, 1999) |
| (d)Mineral | | 120 | (Canakci and Akinci, 2006) |
| 5.Chemical | kg | | |
| (a)Insecticide | | 101.2 | (Erdal et al., 2007) |
| (b)Fungicide | | 216 | (Erdal et al., 2007) |
| 6.Electricity | kWh | 11.93 | (Nassiri and singh, 2009) |
| B. Output | kg | | (Banaeian et al., 2010) |
| (a)Walnut | | 1.9 | (Pervanchon et al., 2002) |
| (b)Green shell | | 10 | (Pervanchon et al., 2002) |
| (c)Wooden shell | | 10 | (Strapatsa et al.,, 2006) |

چهار شاخص مهم شامل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص جهت مقایسه تبادل انرژی بین محصولات مختلف و یا حتی یک محصول در مناطق مختلف استفاده می‌گردند (Ramedani et al., 2011). درمیان این شاخص ها شدت انرژی از اهمیت بیشتری برخوردار است. این شاخص میزان انرژی مصرف شده برای تولید یک کیلوگرم از محصول را بیان می نماید. زمانی که در یک مطالعه شدت انرژی محصولی محاسبه شود، سایر محققان می‌توانند از این شاخص به‌عنوان تراز انرژی آن محصول در مطالعات بعدی بهره بگیرند.

نسبت انرژی = (انرژی خروجی (MJ ha$^{-1}$)/انرژی ورودی (MJ ha$^{-1}$)) (۳)

افزوده خالص انرژی = (انرژی خروجی (MJ ha$^{-1}$)-انرژی ورودی (MJ ha$^{-1}$)) (۴)

شدت انرژی = (انرژی ورودی (MJ ha$^{-1}$)/عملکرد محصول (kg)) (۵)

بهره‌وری انرژی = (عملکرد محصول (kg)/انرژی ورودی (MJ ha$^{-1}$)) (۶)

استفاده از نهاده‌های مختلف نه‌تنها موجب کاهش ذخایر انرژی شده بلکه موجب انتشار آلاینده‌های زیست محیطی نیز می‌گردد. جهت تکمیل اطلاعات مربوط به تعیین میزان آلاینده‌های منتشره به جو، جدول (۲) ارائه شده است. برای محاسبه میزان $CO_2$ آزاد شده به جو، مقدارِ نهاده‌های مصرفی هر محصول زراعی در ضریب $CO_2$ مربوط به خود ضرب می‌گردد.

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

جدول۲- ضرایب گازهای گلخانه‌ای برای نهاده‌های مختلف

GHG equivalent for various inputs

| Input | Unit | GHG equivalent (kg $CO_{2eq.}$/unit) | References |
|---|---|---|---|
| 1.Machinery | GJ | 71 | (Dyer and Desjardins, 2006) |
| 2.Fossil fuel | L | 2.76 | (Dyer and Desjardins, 2003) |
| 3.Chemical fertilizer | kg | | |
| (a)Nitrogen | kg | 1.3 | (Lal, 2004) |
| (b)Phosphate | kg | 0.2 | (Lal, 2004) |
| (c)Potassium | kg | 0.15 | (Lal, 2004) |
| (d)Mineral | | 0.16 | (Lal, 2004) |
| 5.Electricity | kwh | 0.608 | (Khodi and mousavi, 2009) |

## ۳- نتایج و بحث

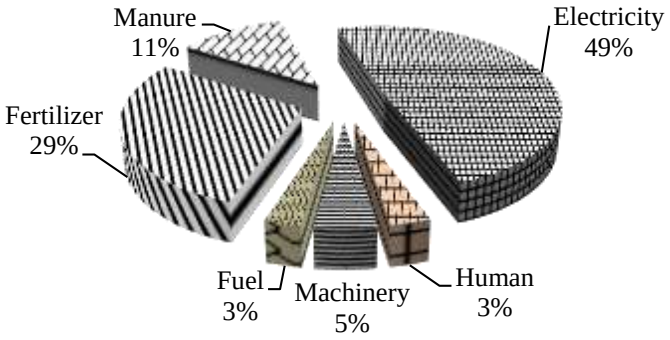
در جدول (۳) انرژی مصرف شده هر نهاده در هکتار نشان داده شده است. همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، بیشترین مصرف انرژی مربوط به نهاده الکتریسیته است که ۴۹٪ از کل انرژی ورودی به باغ را به خود اختصاص داده است. گردو محصولی است که نیاز به آبیاری منظم دارد و در صورت عدم آبیاری، مغز آن چروکیده و خشک می‌شود. از آنجایی که غریب به اتفاق پمپ‌های استفاده شده جهت آبیاری از نیروی الکتریسته استفاده می‌کردند، انرژی برق میزان نسبتاً بالایی نسبت به سایر نهاده‌ها داشته است. کودهای شیمیایی نیز ٪۲۹ از کل انرژی را به خود اختصاص دادند که از این لحاظ در جایگاه دوم قرار گرفته‌اند. سهم انرژی انسان تقریباً ۳٪ بوده است که معادل ۵۰۸/۴۲ ساعت کار در هر هکتار بوده است. در باغات گردوی شهرستان تویسرکان، از دستگاه گردو پوست‌کن جهت جداسازی پوست سبز استفاده می‌گردد. در مطالعه انجام شده در باغات گردو در شهرستان همدان، ساعات نیروی کار ۷۸۸ ساعت تخمین زده شد زیرا که در باغات این منطقه پوست سبز بصورت دستی جداسازی می‌گردد (Banaeian et al., 2010). نمودار (۱) متوسط سهم هر کدام از نهاده ها در انرژی ورودی به مزرعه را نشان می دهد.

**Table 3- Energy use pattern in walnut orchards**

**جدول ۳- الگوی مصرف انرژی در باغات گردو**

| Input/output (unit) | Quantity per unit area (ha) | Total energy equivalent (MJ $ha^{-1}$) | % |
|---|---|---|---|
| A.Input | | | |
| 1.Human(h) | 508.42 | 996.506 | 3.07 |
| 2.Machinery(kg) | 13.59 | 1528.20 | 4.71 |
| 3.Fuel(L) | 18.87 | 902.32 | 2.78 |
| 4.Chemical Fertilizers(kg) | 159.49 | 9425.53 | 29.09 |
| (a)Nitrogen | 80.94 | 6321.71 | |
| (b)Phosphate | 61.62 | 1072.23 | |
| (c)Mineral | 16.92 | 2031.57 | |
| 5.Manure(kg) | 12397.36 | 3719.21 | 11.48 |
| 6.Electricity(kWh) | 1326.31 | 15822.94 | 48.84 |
| Total | | 32394.72 | |
| B.Output | | | |
| (a)Walnut(kg) | 294.93 | 7713.56 | 16.28 |
| (b)Green shell(kg) | 2017.94 | 36323.92 | 76.68 |
| (c)Wooden shell(kg) | 332.69 | 3326.92 | 7.02 |
| Total(kg) | 2546.61 | 47363.54 | |

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران




**شکل ۱- سهم نهاده‌های مختلف از مصرف انرژی در باعات گردو**

**Figure 1-The share of energy inputs for apple production in Iran.**

**Table 4- Energy forms in walnut production.**

**جدول ۴- شاخص‌های انرژی در تولید گردو**

| Items | Unit | Value |
|---|---|---|
| Energy Ratio | MJ $kg^{-1}$/MJ $kg^{-1}$ | 1.46 |
| Energy Intensity | MJ $kg^{-1}$ | 12.24 |
| Energy Productivity | kg $MJ^{-1}$ | 0.08 |
| Net Energy | MJ | 14968.82 |

شاخص های مصرف انرژی در جدول (۴) ارائه شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود شاخص نسبت انرژی و شدت انرژی به ترتیب مقادیر ۱/۴۶ و ۱۲/۲۴ MJ $kg^{-1}$ برآورد شد. در مطالعه دیگری بر روی محصول گردو در ترکیه کل مصرف انرژی ۲۳۹۹۲ MJ $ha^{-1}$ تخمین زده شد. بیشترین نهاده مصرف کننده انرژی نیز کود نیتروژنه با ۷۴٪ سهم معرفی گردید. در این مطالعه شاخص شدت انرژی۳۰/۲۰ مگاژول به‌ازای هر کیلوگرم گردوی سبز محاسبه گردید (Baran et al., 2017). بررسی الگوی مصرف انرژی در باغات هلو و گیلاس نشان داد که میزان مصرف انرژی در تولید این دو محصول به‌ترتیب ۴۰۰۳۶ و ۴۳۳۷ مگاژول در هر هکتار برآورد شد (Aydin and Akturk., 2018).

جدول (۵) میزان $CO_2$ منتشره در هر هکتار باغ گردو را بر حسب kg نشان می‌دهد. تولید گردو در هر هکتار از باغ‌های شهرستان تویسرکان، سالانه موجب تولید ۱۰۸۷/۰۹ کیلوگرم گاز $CO_2$ می‌گردد. الکتریسیته با دارا بودن ۵۴٪ سهم، بزرگترین عامل تولید گازهای گلخانه‌ای می‌باشد و نهاده کودهای شیمیایی (۱۱٪/۰۴) در جایگاه بعدی قرار گرفت.

**Table 5- Amount of emitted $CO_2$ in walnut orchards (kg $ha^{-1}$)**

**جدول ۵- میزان $CO_2$ منتشره در باغ‌های گردو (kg $ha^{-1}$)**

| Input | Machinery | Fuel | Fertilizer | | | | Electricity | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nitrogen | Phosphate | Potassium | Mineral | | |
| $CO_2$(kg $ha^{-1}$) | 108.50 | 52.10 | 105.277 | 12.32 | 2.53 | 2.70 | 806.40 | 1087.09 |
| % | 9.98 | 4.79 | 11.04 | | | | 74.17 | |

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

## ۵- نتیجه‌گیری

تبادلات انرژی در باغ‌های گردو در شهرستان تویسرکان نشان داد که الکتریسیته بیشترین نهاده‌های انرژی بر است. میزان افزوده خالص انرژی و بهره‌وری انرژی به‌ترتیب $MJha^{-1}$ ۱۴۹۶۸/۸۲ و $kgMJ^{-1}$ ۰/۰۸ برآورد شد. بررسی میزان گاز $CO_2$ انتشار یافته به محیط زیست نشان می‌دهد ۷۴٪ آلودگی توسط استفاده از نهاده الکتریسته ایجاد شده است.

## ۶- تقدیر و تشکر

در پایان از حمایت دانشگاه رازی، دانشکده کشاورزی سنقر و مدیریت محترم جهاد کشاورزی شهرستان تویسرکان سپاسگزاری می‌گردد.

## ۷- مراجع

Anonymous. (2016). *Agricultural statistics - agricultural and horticultural products*. Ministry of Jihad-e-Agriculture: http://www.maj.ir, 23 (In Persian).
Anonymous. (2017). http://iranagrimarket.ir (In Persian).
Anonymous.( 2018). http://latitude.to.
Aydin, B., & Akturk, D. (2018). Energy Use Efficiency and Economic Analysis of Peach and Cherry Production Regarding Good Agricultural Practices in Turkey: A Case Study in Çanakkale Province. *Energy, 158*, 967-974.
Banaeian, N., Zangeneh, M., & Omid, M. (2010). Energy use efficiency for walnut producers using Data Envelopment Analysis (DEA), *Australian Journal of crop science, 4*(5), 359-362.
Baran, M.,· gan, O., & guz., H. (2017). Determining the Energy Usage Efficiency of Walnut (Juglans Regia L.) Cultivation in Turkey. *Erwerbs-Obstbau, 59*, 77–82.
Canakci, M., & Akinci, I. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy, 31:* 1243–56.
Dyer, J.A., & Desjardins RL. (2006). Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. *Biosystems Engineering, 93*(1), 107-18.
Dyer, J.A., & Desjardins RL. Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. *Biosystems Engineering 2003; 85*(4), 503-13.
Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., & Gündüz, O., (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy 32*, 35-41.
Food and Agriculture Organization (FAO) (2007) available at <www.fao.org>.
Khodi, M, & Mousavi S.M.J. (2009). *Life cycle assessment of power generation technology using GHG emissions reduction approach.* In: 7th National Energy Conference;. p. A00219 (In Persian).
Kitani, O. (1999). CIGR handbook of agricultural engineering, Volume 5: Energy and biomass engineering. ASAE Publications, St Joseph, MI.
Lal, R. (2004). *Carbon emission from farm operations.* Environment International, 30(7):981-90.
Maysami M.A. (2013). *Energy Efficiency in Dairy Cattle Farming and related Feed Production in Iran.* Ph.D. thesis in agriculture. Faculty of Agriculture and Horticulture at Humboldt-University of Berlin.
Nassiri, S.M., & singh, S. (2009). Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. *Applied Energy; 86*, 1320–1325.
Pervanchon, F, Bockstaller, C, & Girardin, P. (2002). Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agroecological indicator: the energy indicator, *Agric Syst 72*, 149-72.
Rafiee, Sh., Mousavi Avval, S.H., & Mohammadi, A. (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy, 35*, 3301-3306.
Rajabi Hamedani, S., Keyhani, A., & Alimardani, R. (2011). Energy use patterns and econometric models of grape production in Hamadan province of Iran, *Energy 36(11)*, 1-7.
Ramedani, Z., Rafiee, Sh., & Heidari, D. (2011). An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms, *Energy, 36*, 6340-6344.
Ramedani, Z. (2018). *Analysis and optimization of production processes using intelligent methods based energy consumption management and life cycle assessment: Case study: Production processes of dairy products in Kermanshah county*. Ph.D. thesis in agriculture. Faculty of biosystem, University of Tabriz (In Persian)
Strapatsa, A.V., Nanos, G.D., & Tsatsarelis, C.A. (2006) .Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agric Ecosyst Environ, 116*, 176-80.
Verma, M.K. (2014). *Walnut production technology*. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi -110012.
Yamane, T. *Elementary Sampling Theory*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall Inc; 1967.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران