

Research Paper

Optimization of Revenue from Thinning of the Kiwifruit Cultivar Hayward Using Gray Analytic Hierarchy Process (GAHP) Method

R. Barzegar¹, M. Ghasemnezhad², R. Esfanjari Kenari³

Received: 22 October, 2025

Accepted: 16 December, 2025

Introduction: Fruit thinning is an effective technique for controlling fruit number and size, defined as the removal of certain flowers or fruits during their early stages of development. Kiwifruit growers often exhibit reluctance toward deciding on thinning operations due to concerns over the potential negative impact on yield, and consequently, on total revenue. Furthermore, a lack of precise knowledge among many growers regarding the appropriate timing and methodology of thinning, leading to their inaction. Therefore, developing a suitable model to define the execution protocol for thinning is essential to ensure the maximum economic return for the crop. Among the most reliable decision-making methodologies, Analytic Hierarchy Process (AHP) stands out as one of the most widely used techniques for solving Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) problems, owing to its numerous capabilities and features. This study aimed primarily at investigating the economic justification of thinning the Hayward kiwifruit cultivar at various intervals. For this purpose, the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Grey Analytic Hierarchy Process (GAHP) methods were employed to assign weights to the relationship between fruit quality grades and thinning dates, thereby, determining how the thinning practice can lead to enhanced production revenue.

-
1. PhD Graduate in Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran.
 2. Corresponding Author and Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran (ghasemnezhad@guilan.ac.ir).
 3. Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran.

DOI: 10.30490/aead.2026.367546.1701

Materials and Methods: In order to carry out this research, there were used five fruit quality evaluation criteria including premium grade, grade I, grade II, grade III, and out-of-grade fruits and also considered five alternatives, including thinning times at 15, 30, 45, and 60 Days After Fruit Set (DAFS) as well as 'no thinning' as a control treatment alternative. Data analysis was performed based on pairwise comparisons regarding the five criteria of the decision tree, utilizing both AHP and GAHP to rigorously assess subjective expert judgments. This multi-method approach was chosen to enhance the robustness of the decision-making framework by incorporating both AHP and GAHP evaluation techniques for subjective ranking. The quantitative basis for these comparisons was derived from the wholesale prices of kiwifruit in Guilan province of Iran.

Results and Discussion: The study results showed that the criterion of premium grade fruit with an average relative weight of 0.490 had the most important role among all criteria; also, the criterion of grade I fruit with an average relative weight of 0.286 was ranked the second. As shown by the results, the criterion of the grade II fruit with the average relative weight of 0.132 was in the third place, while the out-of-grade fruit and grade III fruit were ranked the fourth and fifth with 0.046 and 0.044, respectively. In addition, the final comparison of the relative weight of the studied alternatives compared to the target showed that the thinning treatment in 30 DAFS had the highest relative weight (0.236) among all alternatives compared to the target, which is the best thinning time for Hayward kiwifruit. The thinning at 15 DAFS with an average relative weight of 0.215 was ranked the second in importance, and the thinning operations at 45 and 60 DAFS with averages of 0.207 and 0.183 were ranked the next in importance, respectively. The alternatives were compared to the target and the control had the lowest weight with a rate of 0.158. The findings of the conventional AHP and the Gray AHP (GAHP) showed that the criterion of premium fruit had the greatest effect on the revenue of kiwifruit growers; so, horticultural operations should be directed towards producing more premium fruit. This indicated that thinning in one month after fruit set had a greater effect on producing higher quality fruits and, as a result, greater economic value than other thinning times. Also, fruit thinning at different times had a significant effect on increased economic performance of vines so that the total economic performance of each Hayward kiwifruit vine would increase as a result of thinning compared to the control vine.

Conclusion and Suggestions: The results obtained from this research showed that different fruit thinning times had certain significant effects on the revenue and weight of different quality grades of Hayward kiwifruit; and timely fruit

thinning in Hayward kiwifruit led to the production of fruits with the same size and shape by changing the process of distribution of carbohydrates between fruits. The results obtained from the total revenue in each treatment indicated that regardless of the time of the thinning operation, despite the removal of malformed and abnormal fruits that led to a decrease in the production of grade II fruit, there was a change in the quality of production from grade II fruit to grade I fruit, while this change was also observed from grade I fruit to premium grade fruit. This proves that the quality performance is more important than the weight performance in the production of Hayward kiwifruit and is effective in increasing the revenue of growers. In general, the study results showed that the kiwifruit thinning is economically viable, so it can be suggested to the kiwifruit growers to perform thinning, especially the thinning of malformed and abnormal fruits, 30 DAFS.

Keywords: *Grading, Quality, Unripe Kiwifruit, Pairwise Comparisons.*

JEL Classification: L11, Q13, Q16, C61





پرویشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۳، شماره ۱۳۲، زمستان ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

بهینه‌سازی در آمد حاصل از تُنک کردن میوه کیوی فروت رقم هایوارد با روش تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری (GAHP)

رسول برزگر^۱، محمود قاسم‌نژاد^۲، رضا اسفنجاری کناری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

چکیده

تُنک کردن میوه یک روش مؤثر برای کنترل تعداد و اندازه میوه است. پرورش‌دهندگان کیوی فروت، به دلیل نگرانی از اثر منفی تنک کردن در عملکرد و در پی آن، در درآمد کل، به تنک کردن این محصول چندان رغبتی ندارند. هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی توجیه اقتصادی تنک کردن میوه کیوی فروت رقم هایوارد در زمان‌های مختلف بود؛ و بدین منظور، از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری (GAHP) برای وزن‌دهی به ارتباط درجات کیفی میوه‌ها و تاریخ تنک کردن در کیوی فروت رقم هایوارد استفاده شد تا مشخص شود که چگونه تنک کردن می‌تواند به بهبود درآمد تولید بینجامد. برای وزن‌دهی به معیارها و گزینه‌های مورد بررسی در مدل تصمیم‌گیری، از روش مقایسات زوجی استفاده شد. در این راستا، پنجاه مقایسه زوجی در ساختاری شامل پنج معیار کیفی (میوه ممتاز، درجه یک، درجه

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۲- نویسنده مسئول و استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

(ghasemnezhad@guilan.ac.ir)

۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

دو، درجه سه و خارج از رده) و پنج گزینه (زمان‌های تنک کردن در ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه و بدون تنک کردن) به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. مبنای کمی این مقایسات، قیمت‌های عمده‌فروشی کیوی‌فروت در استان گیلان بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان‌های مختلف تنک کردن بر درآمد کل تاک کیوی‌فروت در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. بیشترین درآمد کل در تیمارهای تنک کردن ۳۰ و ۱۵ روز پس از تشکیل میوه به‌دست آمد که این میزان درآمد حدود دوازده درصد بیش از تیمار شاهد بوده و از نظر آماری، با آن دارای تفاوت معنی‌دار است. نتایج نشان داد که در بین گزینه‌های مطرح‌شده، تاریخ تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه، با وزن نسبی ۰/۲۳۶، بهترین زمان تنک کردن برای افزایش درآمد کل در تاکستان کیوی‌فروت رقم هایوارد است و تنک کردن در ۱۵، ۴۵ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه، به‌ترتیب، در اولویت‌های بعدی قرار گرفته و شاهد، پایین‌ترین وزن را داشته است. افزون بر این، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنک کردن میوه کیوی‌فروت از نظر اقتصادی بسیار مقرون‌به‌صرفه است. بنابراین، می‌توان به پرورش‌دهندگان کیوی‌فروت تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه را پیشنهاد داد.

کلیدواژه‌ها: درجه‌بندی، کیفیت، کیوی‌فروت نارس، مقایسات زوجی.

طبقه‌بندی JEL: L11, Q13, Q16, C61

مقدمه

گیاه کیوی‌فروت تاکی است که به‌طور عمده، تنها در سواحل جنوبی دریای مازندران با آب‌وهوا و شرایط اقلیمی مناسب پرورش این گیاه کشت می‌شود. طبق آمارنامه مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی (MAJ, 2024)، سطح زیر کشت میوه کیوی‌فروت در کشور ۱۵۴۳۶ هکتار بوده که از این میزان، ۳۴۱ هکتار باغ‌های غیربارور و ۱۵۰۹۵ هکتار باغ‌های بارور است؛ و در سال ۱۴۰۲، مقدار تولید کیوی‌فروت در کشور ۴۳۱۳۳۶ تن بود. همچنین، طبق آمارنامه این مرکز از وضعیت صادرات و واردات کالاهای کشاورزی و غذا، میزان صادرات محصول کیوی‌فروت ایران در سال ۱۴۰۳، دویست هزار تن بوده که این میزان صادرات بیش از صد میلیون دلار درآمد ارزی برای کشور داشته است. این آمار نشان می‌دهد که کیوی‌فروت ظرفیت بالقوه زیادی برای ارزآوری داشته و به‌تبع آن، نقشی به‌سزا در بهبود وضعیت اقتصادی و اشتغال‌زایی به‌ویژه برای مردم استان‌های شمالی ایران دارد. طبق آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2024) نیز ایران ششمین کشور صادرکننده کیوی‌فروت در دنیاست. با این همه، با وجود حجم زیاد تولید و صادرات این محصول، متوسط قیمت فروش سه‌ساله اخیر هر کیلوگرم میوه کیوی‌فروت تولیدی ایران در بازارهای جهانی (نیم دلار) نسبت به سایر کشورهای تولیدکننده عمده این محصول (حدود سه دلار برای نیوزیلند و ۲/۲۵ دلار میانگین قیمت جهانی) بسیار پایین است. علاوه بر این، با وجود میزان نسبتاً بالای تولید کیوی‌فروت، سهم قابل توجهی از این میوه‌ها، به‌دلیل برخورداری نبودن از استانداردهای بازارهای بین‌المللی، قابلیت صادرات را ندارد، زیرا

تاک‌های کیوی فروت رقم هایوارد^۱ تمایل به تولید میوه‌های ریز، بدشکل و خارج از استاندارد دارند که این موضوع می‌تواند به کاهش کیفیت و درصد میوه‌های صادراتی و درآمد به‌دست‌آمده از آن بینجامد. برای حل این مشکل، یکی از بهترین روش‌ها تنک کردن این نوع از میوه‌ها در مراحل ابتدایی تشکیل میوه است (Wei et al., 2022). بنابراین، با توجه به اهمیت افزایش درآمد در واحد سطح برای پرورش‌دهندگان کیوی فروت، هدف پژوهش حاضر انتخاب بهترین و منطقی‌ترین گزینه از بین گزینه‌های ممکن برای تنک کردن میوه کیوی فروت از نظر اقتصادی بوده است.

تنک کردن به معنی حذف گل‌ها و میوه‌های غیرطبیعی در مراحل اولیه رشد میوه‌هاست (Ouma, 2012). به‌طور کلی، تنک کردن میوه یک روش مؤثر برای کنترل تعداد میوه و دستکاری در اندازه میوه است (Frioni et al., 2017). تنک کردن میوه یکی از مهم‌ترین شیوه‌های مدیریت گیاه در طول دوره پرورش کیوی فروت است که تولیدکنندگان را قادر می‌سازد تا میزان محصول را تنظیم کنند و در نتیجه، به عملکرد بالا و طعم برتر میوه برای مصرف‌کنندگان دست یابند (Boyd & Barnett, 2011). با این همه، در ایران، به‌دلیل نگرانی از کاهش عملکرد کل و عدم شناخت نسبت به تأثیر اقتصادی این شیوه بر درآمد تولیدکننده، این عملیات به‌ندرت در تاکستان‌های کیوی فروت انجام می‌شود. به‌طور کلی، عامل کلیدی در تصمیم‌گیری پرورش‌دهندگان میوه کیوی فروت در مورد تنک کردن میوه‌ها قبل از برداشت فقدان بازده پیش‌بینی‌شده در مقایسه با سطح سرمایه‌گذاری است، چراکه میوه‌های غیرطبیعی به افزایش هزینه برداشت، حمل‌ونقل و مرتب‌سازی برای بسته‌بندی محصول می‌انجامد. از طرف دیگر، باید پرورش‌دهنده میوه کیوی فروت بداند که در چه مرحله‌ای، تنک کردن را انجام دهد تا مقرون‌به‌صرفه باشد. هدف از تنک کردن قبل از برداشت این است که پرورش‌دهندگان کیوی فروت از نسبت بالای میوه درجه یک در محصول برداشت‌شده به‌منظور ارسال برای بسته‌بندی مطمئن شوند تا برای محصول خود، بیشترین بازده اقتصادی را داشته باشند (Croad, 2022).

مدل‌سازی و مدیریت کشاورزی عبارت‌اند از فرآیندهایی مفهومی و بسیار مهم که در آن، تعداد زیادی متغیر برای تجزیه و تحلیل نظام مورد نظر و تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شوند و در تعامل با یکدیگرند. یکی از معتبرترین این روش‌های تصمیم‌گیری روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^۲ است که به‌دلیل امکانات و ویژگی‌های متعدد، از پرکاربردترین روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه^۳ است (Raut et al., 2018). برخی از این ویژگی‌ها عبارت‌اند از تجزیه مسائل بزرگ و پیچیده به سطوح

-
1. Actinidia deliciosa cv. Hayward
 2. Analytic Hierarchy Process (AHP)
 3. Multi Criteria Decision Making (MCDM)

و عناصر مختلف از طریق ساختار رده‌ای، سادگی مدل و در واقع، عدم نیاز به دانش مهندسی پیشرفته، عدم نیاز به تهیه و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری (اندازه‌گیری شاخص‌ها)، مدل‌سازی توأمان معیارهای کیفی و کمی و به‌کارگیری احساسات و افکار تصمیم‌گیرنده (Zareinejad et al., 2014). در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) ارتباط هر عنصر با سایر عناصر و در سطوح مختلف مشخص شده است و ارتباط هدف اصلی مسئله با پایین‌ترین رده موجود از سلسله‌مراتب تشکیل شده نیز دقیقاً روشن می‌شود. اولین قدم در این روش تشکیل سطوح و عناصر تصمیم‌گیری است، به‌گونه‌ای که هدف تصمیم‌گیری، شاخص‌ها (معیارها) و گزینه‌ها به‌صورت سلسله‌مراتبی نوشته می‌شود. سطح اول، در واقع، همان هدف اصلی است که در بالاترین سطح قرار دارد که به سطح هدف^۱ معروف است و هدف تصمیم‌گیری را مشخص می‌سازد. سطح یا سطوح میانی همان معیارها^۲ و شاخص‌هایی است که بعد از سطح هدف قرار می‌گیرد. سطح آخر نیز مربوط به گزینه‌ها^۳ است (Kumar & Pant, 2023). در این ساختار، باید توجه داشت که در هر کدام از سطوح، هر عنصر به عناصر مربوط به خود آن عنصر در سطح پایین‌تر مرتبط است و به عناصری که بدان عنصر ارتباطی ندارند، مرتبط نیست. شرط اساسی استفاده از روش AHP استفاده از طیفی دوقطبی به‌منظور ارزیابی مقایسات زوجی به‌صورت جدول ۲ است (Zareinejad et al., 2014). در پژوهش کوشتا دی ماتوش لسا و همکاران (Costa de Matos Lessa et al., 2024)، روی چند ژنوتیپ انگور، با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) از جمله فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، معیارهای کلیدی کیفیت میوه (مانند طعم، بافت، مواد جامد محلول و بازارپسندی) و عملکرد کمی ارزیابی شدند و در نتایج آن، معرفی ژنوتیپ‌های برتر انگور با اولویت‌دهی به کیفیت برتر میوه در برنامه‌های به‌نژادی برای شرایط نیمه‌خشک صورت گرفت. در پژوهشی دیگر (Wei et al., 2025)، با هدف ارزیابی امکان‌سنجی تولید محصول نهایی از دوازده رقم کیوی مختلف گوشت‌قرمز، گوشت‌زرد و گوشت‌سبز، تمرکز روی جنبه‌های طعم و محتوای تغذیه‌ای بود و در ارزیابی کیفیت کلی با به‌کارگیری روش‌های تحلیل چندمعیاره، رقم هونگ‌شی ۲، به‌دلیل ترکیب مطلوب پلی‌فنول‌ها و طعم خوب، به‌عنوان محبوب‌ترین گزینه انتخاب شد. این مدل‌سازی ریاضی امکان آن را داد تا از میان چندین معیار رقابتی، با وزن‌دهی مناسب، رقم بهینه برای تولید محصولی با بهترین مشخصات کیفی و طعمی به‌صورت عینی و ساختاریافته تعیین شود.

1. goal
2. criteria
3. alternatives

بهینه‌سازی درآمد حاصل از تنک کردن.....

روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) ابزاری ساختارمند برای مدل‌سازی تصمیمات پیچیده با معیارهای کیفی و کمی است. با کاربرد موفق این روش‌شناسی در کشاورزی برای ارزیابی ژنوتیپ‌های میوه، اعتبار آن در تعیین بهینه‌ترین گزینه‌ها (مانند زمان تنک کردن کیوی برای حداکثرسازی کیفیت) اثبات می‌شود و همچنین، می‌توان به ارائه توصیه‌های تخصصی پرداخت.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی و تیمار مورد استفاده

پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۱ در یک باغ تجاری کیوی فروت رقم هایوارد در منطقه لاکان، شهرستان رشت در استان گیلان، روی درختان سیزده‌ساله این محصول انجام شد. ویژگی‌های جغرافیایی و آب‌وهوایی مکان پژوهش در جدول ۱ آمده است (IRIMO, 2022). نسبت درختان ماده به نر کیوی فروت هشت به یک بود و فاصله درختان از همدیگر نیز 4×6 متر بود، که درختان به‌صورت داریستی از نوع تی‌بار^۱ پرورش یافته بودند. آبیاری تاک‌ها به‌صورت قطره‌ای با میکروجت انجام پذیرفت. رقم گرده‌دهنده توموری^۲ و گرده‌افشانی توسط زنبور عسل صورت گرفت. در این آزمایش که به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد، تیمارها شامل تنک کردن به‌صورت دستی و یک‌باره تمامی میوه‌های خارج از رده شامل میوه‌های ریز، پهن، دوقلو و بدشکل موجود در یک تاک در چهار زمان مختلف ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه‌ها بود. تیمار شاهد شامل تاک‌هایی بود که تنک کردن در آنها انجام نشده بود. هر تیمار شامل چهار تاک بود که از نظر سن، نحوه هرس و نوع پرورش به شیوه یکسان و به‌عنوان تکرار انتخاب شدند. برای تمام تاک‌های آزمایش حاضر، عملیات باغی از جمله نوع هرس زمستانه، آبیاری و کوددهی در طول دوره پرورش به‌صورت یکسان صورت پذیرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی و آب‌وهوایی محل اجرای آزمایش

اقليم جغرافيايى	نيمه گرمسيري
ارتفاع از سطح دريا (متر)	+۱۷
طول جغرافيايى	۴۹/۳۴ شرقى
عرض جغرافيايى	۳۷/۱۲ شمالى
میانگین دمای سالانه (درجه سلسیوس)	۱۵/۹
بارندگی سالانه (میلی‌متر)	۱۱۴۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. T-bar
2. Actinidia deliciosa cv. Tomuri

روش اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه

میوه‌ها در پایان فصل و زمانی برداشت شدند که درجهٔ بریکس میوه تاک‌های شاهد به مقدار تقریبی ۶/۲ درصد (به‌عنوان شاخص برداشت میوه کیوی فروت رقم هایوارد) رسید. بلافاصله بعد از برداشت نیز عملکرد کل هر تاک اندازه‌گیری شد. محاسبهٔ کیفیت میوه‌ها و درجه‌بندی وزنی آنها بر اساس استاندارد میوه کیوی فروت اتحادیه اروپا (EU, 2004) صورت گرفت؛ بدین ترتیب، وزن حدود بیست درصد از میوه‌های هر تاک به‌صورت تک‌تک با ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم توزین شد و پس از اندازه‌گیری قطرهای کوچک و بزرگ میوه با استفاده از کولیس دیجیتال، میوه‌ها به چهار درجه شامل درجه ممتاز (وزن میوه از ۱۱۰ گرم به بالا و نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ در ناحیه میانی میوه بیش از ۰/۸)، درجه یک (وزن میوه بیشتر از نود گرم و نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ در ناحیه میانی میوه بیش از ۰/۷)، درجه دو (وزن میوه بیشتر از ۶۵ گرم و نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ در ناحیه میانی میوه بیش از ۰/۷)، درجه سه (وزن میوه کمتر از ۶۵ گرم و نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ در ناحیه میانی میوه بیش از ۰/۷) و میوه‌های خارج از رده (میوه‌های دوقلو، ریز، پهن و بدشکل) تقسیم‌بندی شدند (جدول ۳).

به‌منظور محاسبه قیمت میانگین میوه کیوی فروت رقم هایوارد، کمترین، بیشترین و محتمل‌ترین قیمت آن در سال‌های ۱۴۰۱-۰۲ از بازار عمده‌فروشی میوه کیوی فروت استان گیلان به‌دست آمد (جدول ۳). بر اساس این قیمت‌ها، قیمت میانگین میوه نیز از رابطه (۱) برآورد شد (Roos & Den Hertog, 2021).

$$\mu = \frac{(a + 4M + b)}{6} \quad (1)$$

که در آن، μ میانگین قیمت، a حداقل قیمت، M محتمل‌ترین قیمت و b حداکثر قیمت است. همچنین، به‌منظور محاسبه هزینه تنک کردن، یک کارگر آموزش‌دیده به‌صورت دستی میوه‌های غیرطبیعی را از تاک جدا کرد و تعداد تاک‌های تنک‌شده در طول یک روز کاری به‌دست آمد. به‌طور متوسط، یک کارگر در روز بین پنجاه تا شصت تاک کیوی فروت را تنک می‌کند. دستمزد کارگری برای هر روز، بر اساس نرخ کارگر روزمزد سال ۱۴۰۱، مبلغ چهار میلیون ریال در نظر گرفته شد. بر اساس فاصله چهار متر روی ردیف و شش متر بین ردیف‌های تاک کیوی فروت، ۴۱۶ تاک در هر هکتار کاشته شده بود که با توجه به دوطایه بودن تاک کیوی فروت و نسبت تعداد تاک نر به ماده به‌صورت ۱:۸ (یک به هشت)،

کاشت حدود ۳۷۰ تاک بارور در هر هکتار انجام گرفته بود. تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۰) انجام شده است.

به‌منظور بررسی دقیق تأثیر تنک کردن در زمان‌های مختلف بر میزان درآمد کل تاک کیوی فروت، از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری^۱ استفاده شد. روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین مدل‌های تصمیم‌سازی چندشاخصه است که امکان تدوین مسئله را به‌صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را دارد. اساس این روش تصمیم‌سازی بر مقایسات زوجی استوار است، که امکان بررسی سناریوهای مختلف را فراهم می‌کند (Saaty, 1980).

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری (GAHP) مدل توسعه‌یافته روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است و برای حل مسائلی به‌کار می‌رود که در آنها، عدم قطعیت و ابهام در داده‌ها بسیار زیاد است و نمی‌توان وزن‌هایی دقیق (مانند اعداد صحیح ۱ تا ۹) را برای مقایسه‌ها تخصیص داد. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری (GAHP) از اعداد خاکستری^۲ استفاده می‌کند. اعداد خاکستری عبارت است از یک بازه که در آن، مرز پایین (حداقل ارزش) و مرز بالا (حداکثر ارزش) مشخص می‌شود. در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، مسئله تصمیم‌گیری به یک درخت سلسله‌مراتبی به‌شرح زیر تجزیه می‌شود:

سطح هدف: بالاترین سطح، که هدف اصلی را مشخص می‌کند.

سطوح معیارها: سطوح میانی، که معیارهای ارزیابی را شامل می‌شوند.

سطح گزینه‌ها: پایین‌ترین سطح، شامل راه‌حل‌های ممکن.

در پژوهش حاضر، درخت تصمیم مرتبط با هدف شناسایی و اولویت‌بندی بهترین زمان تنک کردن میوه از لحاظ پنج معیار کیفی (میوه ممتاز، درجه یک، درجه دو، درجه سه و میوه خارج از رده)، طراحی شد. گزینه‌های مورد بررسی شامل عدم تنک نکردن تاک‌های کیوی فروت (به‌عنوان شاهد) و تنک کردن تاک‌های کیوی فروت در ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه بود (شکل ۱)؛ همچنین، مقایسات زوجی مربوط به گزینه‌های مختلف تنک کردن و نیز معیارهای کیفی میوه بر پایه داده‌های واقعی اقتصادی استخراج‌شده از بازار انجام شد. برای هر کدام از معیارها (شامل میوه ممتاز، درجه یک، درجه دو، درجه سه و خارج از رده)، میانگین قیمت واقعی فروش در بازار عمده‌فروشی استان گیلان در سال ۱۴۰۱ به‌عنوان

1. Grey Analytic Hierarchy Process (GAHP)
2. grey numbers

شاخص کمی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۳). در پژوهش حاضر، برای تشکیل ماتریس مقایسات زوجی نیز صرفاً از داده‌های واقعی بازار استفاده شده و از پرسشنامه مستقل یا اخذ نظر خبرگان بهره‌گیری نشده است. علت این رویکرد، دسترسی به اطلاعات معتبرتر و قابل اتکاتر بود که همان قیمت‌های واقعی بازار را شامل می‌شد. بر این اساس، ماتریس‌های مقایسات زوجی با ابعاد پنج در پنج برای معیارها و گزینه‌ها تشکیل شد و نسبت میانگین قیمت‌ها به مقیاس اولویت‌گذاری ساعتی (Saaty, 1980) (طیف ۱ تا ۹) تبدیل شد. برای تعیین وزن‌های اولیه نیز از میانگین هندسی با روش جمع سطرها استفاده شد و سپس، با نرمال‌سازی برداری، وزن‌های نهایی استخراج شد. در ادامه، محاسبه نرخ ناسازگاری برای کل ماتریس صورت گرفت، که کمتر از ۰.۱ بوده و نشان‌دهنده سازگاری قابل قبول قضاوت‌هاست. مقایسه‌های زوجی در قالب پنج معیار و پنج گزینه طراحی شد و در مجموع، شامل پنجاه مقایسه زوجی بود. پس از جمع‌آوری اطلاعات مقایسه‌های زوجی، برای تجزیه و تحلیل و تعیین وزن نسبی معیارها و گزینه‌های درخت تصمیم، از روش‌های AHP و GAHP بهره گرفته شد. خلاصه اجرایی الگوریتم این فرآیند بر اساس پژوهش زارعی‌نژاد و همکاران (Zareinejad et al., 2014) شامل مراحل زیر است:

مرحله اول (انتخاب هدف): هدف از ایجاد درخت تصمیم ارزیابی و اولویت‌بندی بهترین زمان تنک کردن میوه کیوی فروت رقم هایوارد بود.

مرحله دوم (تعیین معیارها و گزینه‌ها): بر اساس هدف انتخاب‌شده، پنج معیار و پنج گزینه لحاظ شد.

مرحله سوم (ایجاد درخت تصمیم): بعد از تعیین هدف و نیز شناسایی معیارها و گزینه‌ها، درخت تصمیم در قالب شکل (۱) طراحی شد.

مرحله چهارم (ایجاد ماتریس مقایسه‌های زوجی): این مرحله شامل چیدمان معیارها و گزینه‌ها در قالب یک ماتریس بوده و هر درایه این ماتریس یک عدد خاکستری است.

مرحله پنجم: نرمال‌سازی ماتریس مقایسه‌های زوجی.

مرحله ششم: تعیین گزینه مثبت ایده‌آل یا بهترین پاسخ ممکن (u^{max}) به‌منظور مقایسه با گزینه‌های دیگر.

مرحله هفتم: استفاده از درجه امکان^۱ خاکستری برای مقایسه هر گزینه با u^{max} به‌عنوان گزینه مطلوب، که بر اساس رابطه (۲) تعیین می‌شود:

$$P\{u_i \leq u^{max}\} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p\{\otimes x_{ij}^* \leq u_j^{max}\} \quad (2)$$

که در آن، P درجه امکان برای ارزیابی درجه مطلوبیت، u_i گزینه مورد ارزیابی در هر سطح از تحلیل، u^{max} گزینه ایده‌آل مثبت یا بهترین پاسخ ممکن، n تعداد کلی گزینه‌های مورد مقایسه، x_{ij} مقادیر عددی به‌دست‌آمده از مقایسه زوجی بین گزینه i و معیار j .

مرحله هشتم (محاسبه ضریب خاکستری نسبی و امتیاز نسبی گری): ضریب نسبی خاکستری $(E_{0i(j)})$ بین گزینه‌ها و مرجع با در نظر گرفتن معیار i ام ایجاد می‌شود. در این ضریب، از تابع فاصله مینکوفسکی^۱ استفاده می‌شود و در نهایت، تعیین امتیاز خاکستری نسبی به‌منظور اولویت‌بندی بر اساس رابطه (۳) صورت می‌گیرد:

$$\gamma_{0i} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} E_{0i(j)} \quad (3)$$

که در آن، γ_{0i} امتیاز خاکستری نسبی^۲ برای گزینه i ، $E_{0i(j)}$ ضریب نسبی خاکستری^۳ بین گزینه i و مرجع (گزینه ایده‌آل u^{max}) با تأثیرپذیری از معیار j ام (نشان‌دهنده میزان شباهت یا نزدیکی گزینه i به مرجع در چارچوب معیار j)، n تعداد کل معیارها یا گزینه‌های لحاظ‌شده در فرآیند محاسبه میانگین در این مرحله و $\sum_{j=1}^n$ تجميع امتیازات نسبی خاکستری برای تمام معیارها (۱ تا n) است.

اعتبار یافته‌ها بر اساس نرخ سازگاری ارزیابی می‌شود؛ اگر مقدار این نرخ کمتر از ۰/۱ یا ده درصد باشد، ماتریس قضاوت خبره قابل قبول است و در غیر این صورت، قضاوت‌ها ناسازگار به‌شمار می‌روند. در پژوهش حاضر، AHP با نرم‌افزار Expert Choice (نسخه ۱۱) و GAHP با استفاده از نرم‌افزار R صورت پذیرفت.

1. Minkowski
2. relative grey score
3. grey relative coefficient

جدول ۲- مقیاس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی خاکستری

شاخص کمی	شاخص کیفی	اعداد خاکستری
۱	مطلوبیت یکسان	(۱، ۲)
۳	کمی مطلوبتر	(۲، ۴)
۵	مطلوبیت قوی	(۴، ۶)
۷	مطلوبیت خیلی قوی	(۶، ۸)
۹	کاملاً مهمتر	(۸، ۱۰)

مأخذ: ساعتی (Saaty, 1980)

جدول ۳- مشخصات درجات مختلف وزنی و کیفی میوه کیوی فروت رقم هایوارد و قیمت آن در استان گیلان

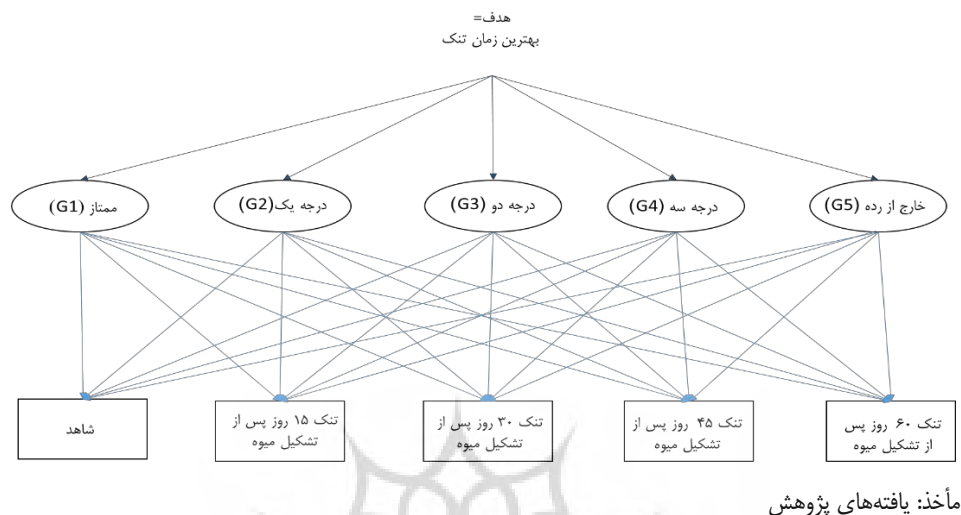
درجه	مشخصات (وزن میوه، نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ در بخش استوایی میوه)*	قیمت (کیلو به ریال)		
		حداقل (a)	حداکثر (b)	میانگین (μ)
ممتاز	وزن بیش از ۱۱۰ گرم - بیش از ۰/۸	۲۰۰.۰۰۰	۴۲۰.۰۰۰	۳۰.۳۳۳/۳۳
درجه ۱	وزن ۸۰ تا ۱۱۰ گرم - بیش از ۰/۷	۱۲۰.۰۰۰	۳۷۰.۰۰۰	۲۵۵.۰۰۰
درجه ۲	وزن ۶۵ تا ۷۹ گرم - بیش از ۰/۷	۹۰.۰۰۰	۲۴۰.۰۰۰	۱۸۱.۶۶۶/۶۷
درجه ۳	وزن کمتر از ۶۵ گرم - بیش از ۰/۷	۵۰.۰۰۰	۱۲۰.۰۰۰	۸۱.۶۶۶/۶۷
پهن و بادبزی	وزن مختلف - اختلاف قطر بزرگ و قطر کوچک بیش از ۱۳٪**	۴۵.۰۰۰	۱۵۰.۰۰۰	۸۵.۸۳۳/۳۳
دوقلو	—	۴۵.۰۰۰	۱۵۰.۰۰۰	۸۵.۸۳۳/۳۳
ریز	وزن کمتر از ۶۵ گرم	۵۰.۰۰۰	۱۲۰.۰۰۰	۸۱.۶۶۶/۶۷
بدشکل	میوه دارای فرورفتگی، زائده، ارتفاع کمتر از عرض	۴۵.۰۰۰	۱۵۰.۰۰۰	۸۵.۸۳۳/۳۳

* درجه بندی بر پایه استاندارد اتحادیه اروپا برای میوه کیوی فروت رقم هایوارد (EU, 2004)

** طبق تعریف میوه پهن و بادبزی برای میوه کیوی فروت رقم هایوارد (Watson & Gould, 1994)

مأخذ: یافته های پژوهش

بهینه‌سازی درآمد حاصل از تنک کردن.....



شکل ۱- درخت تصمیم مطالعه حاضر

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل مقایسه‌های زوجی در خصوص پنج معیار درخت تصمیم با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری (GAHP) نشان داد که معیار میوه ممتاز با میانگین وزن نسبی ۰/۴۹۰ بیشترین اهمیت را داراست. همچنین، معیار میوه درجه یک با میانگین وزن نسبی ۰/۲۸۶ در جایگاه دوم و معیار میوه درجه دو با میانگین وزن نسبی ۰/۱۳۲ در جایگاه سوم قرار دارند. معیارهای میوه خارج از رده و میوه درجه سه نیز به ترتیب، با وزن‌های نسبی ۰/۰۴۴ و ۰/۰۴۶ در رتبه‌های چهارم و پنجم جای گرفته‌اند (جدول ۴). نرخ ناسازگاری در همه جداول مربوط به وزن نسبی معیارها و گزینه‌های مورد مطالعه، به دلیل داشتن قیمت قطعی هر کدام از درجات مختلف میوه کیوی فروت، زیر یک درصد به دست آمده است.

جدول ۴- وزن نسبی معیارهای درخت تصمیم

معیارها	نماد	وزن نسبی معمولی	وزن نسبی خاکستری	میانگین وزن نسبی	رتبه اهمیت
ممتاز	G1	۰/۵۱۱	۰/۴۷۰	۰/۴۹۰	۱
درجه یک	G2	۰/۲۸۶	۰/۲۸۷	۰/۲۸۶	۲
درجه دو	G3	۰/۱۲۵	۰/۱۴۰	۰/۱۳۲	۳
درجه سه	G4	۰/۰۳۸	۰/۰۵۰	۰/۰۴۴	۵
خارج از رده	G5	۰/۰۴۰	۰/۰۵۳	۰/۰۴۶	۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج محاسبه وزن نسبی گزینه‌های مطالعه حاضر نسبت به معیار G1 (میوه درجه ممتاز با وزن بیش از ۱۱۰ گرم) نشان داد که گزینه تنک کردن در ۳۰ روز پس از تشکیل میوه با میانگین وزن نسبی ۰/۲۹۴ بااهمیت‌ترین گزینه است. گزینه تنک کردن در ۶۰ روز پس از تشکیل میوه با وزن نسبی ۰/۲۰۲ رتبه دوم اهمیت نسبی را داراست؛ و پس از آن، تیمارهای تنک کردن در ۴۵ و ۱۵ روز با اختلاف بسیار کم از یکدیگر در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار می‌گیرند. تیمار شاهد با میانگین وزن نسبی ۰/۱۳۲ کم‌اهمیت‌ترین گزینه از نظر معیار میوه ممتاز بوده است (جدول ۵). مقایسه میانگین درآمدی میوه‌های ممتاز در تیمارهای مختلف زمان‌های تنک کردن نشان داد که انجام این کار در زمان‌های مختلف باعث افزایش معنی‌دار درآمد میوه‌های درجه ممتاز نسبت به شاهد شده، به گونه‌ای که بیشترین درآمد میوه ممتاز از تیمار تاک‌های تنک‌شده در ۳۰ روز پس از تشکیل میوه (با ۲۲۶۶۷۳۸ ریال در تاک) به میزان ۱۱/۹۳ درصد از درآمد کل در این تیمار به‌دست آمده است. کمترین میزان درآمد ممتاز نیز از تاک‌های شاهد (۴۲۴۶۰۶ ریال در تاک) حاصل شد، که فقط ۲/۵ درصد از درآمد کل در تیمار شاهد را شامل می‌شد (جدول ۱۲). این اختلاف برای تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه به میزان ۴۳۰ درصد نسبت به شاهد به‌دست آمد. سایر تیمارها نیز نشان‌دهنده افزایش ۱۷۶، ۱۹۰ و ۲۳۰ درصدی (به ترتیب، برای تیمارهای تنک کردن در ۱۵، ۴۵ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه) در مقایسه با شاهد بود (جدول ۱۲).

جدول ۵- وزن نسبی گزینه‌های مطالعه حاضر نسبت به معیار G1 (میوه درجه ممتاز)

رتبه	میانگین	وزن نسبی	وزن نسبی	گزینه‌ها
اهمیت	وزن نسبی	خاکستری	معمولی	
۵	۰/۱۳۲	۰/۱۳۷	۰/۱۳۷	شاهد
۴	۰/۱۸۳	۰/۱۸۲	۰/۱۸۴	تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه
۱	۰/۲۹۴	۰/۳۰۲	۰/۲۸۶	تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه
۳	۰/۱۸۸	۰/۱۸۷	۰/۱۸۹	تنک کردن ۴۵ روز پس از تشکیل میوه
۲	۰/۲۰۲	۰/۲۰۱	۰/۲۰۴	تنک کردن ۶۰ روز پس از تشکیل میوه

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج محاسبه وزن نسبی گزینه‌های مطالعه حاضر نسبت به معیار G2 (میوه درجه یک با وزن ۸۰ تا ۱۱۰ گرم) نشان داد که گزینه تنک کردن در ۱۵ روز پس از تشکیل میوه با میانگین وزن نسبی ۰/۳۱۰ بااهمیت‌ترین گزینه است؛ پس از آن، گزینه‌های تنک کردن در ۴۵، ۳۰ و ۶۰ روز پس از تشکیل

بهینه‌سازی درآمد حاصل از تنک کردن.....

میوه، به ترتیب، با میانگین وزن نسبی ۰/۲۶۷، ۰/۱۸۴ و ۰/۱۵۱ درجات بعدی اهمیت نسبی را دارند. تیمار کنترل (شاهد) با میانگین وزن نسبی ۰/۰۹ کمترین اهمیت از نظر معیار میوه درجه یک را داراست (جدول ۶). همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها مشخص کرد که بیشترین میزان درآمد میوه درجه یک مربوط به تیمار تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه (۱۵۳۶۹۷۷۴ ریال در تاک) و کمترین میزان درآمد مربوط به تیمار شاهد (۱۱۵۰۴۳۲۵ ریال در تاک) است، ضمن اینکه اختلاف درآمدی بین دو تیمار یادشده (۳۸۶۵۴۴۹ ریال) حدود ۳۴ درصد افزایش را نسبت به میوه‌های درجه یک در شاهد نشان می‌دهد. سایر تیمارهای تنک کردن نسبت به شاهد افزایش ۲۰/۴، ۲۹/۸ و ۱۵/۵ درصدی درآمد (به ترتیب، برای تیمارهای تنک کردن در ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه) را نشان دادند (جدول ۱۲).

جدول ۶- وزن نسبی گزینه‌های مطالعه حاضر نسبت به معیار G2 (میوه درجه یک)

رتبه	میانگین	وزن نسبی	وزن نسبی	گزینه‌ها
اهمیت	وزن نسبی	خاکستری	معمولی	
۵	۰/۰۹۰	۰/۰۹۰	۰/۰۸۹	شاهد
۱	۰/۳۱۰	۰/۳۰۹	۰/۳۱۱	تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه
۳	۰/۱۸۴	۰/۱۸۳	۰/۱۸۴	تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه
۲	۰/۲۶۷	۰/۲۶۸	۰/۲۶۶	تنک کردن ۴۵ روز پس از تشکیل میوه
۴	۰/۱۵۱	۰/۱۵۰	۰/۱۵۱	تنک کردن ۶۰ روز پس از تشکیل میوه

مأخذ: یافته‌های پژوهش

از مقایسه وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به معیار G3 (میوه درجه دو با وزن ۶۵ تا ۷۹ گرم) مشخص شد که گزینه تیمار شاهد با میانگین وزن نسبی ۰/۳۱۲ مهم‌ترین گزینه است؛ و پس از آن، گزینه‌های تنک کردن در ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه، به ترتیب، با میانگین وزن نسبی ۰/۱۹۴، ۰/۱۷۴ و ۰/۱۶۳ درجات بعدی اهمیت نسبی را دارند. تیمار تنک کردن در ۱۵ روز پس از تشکیل میوه با میانگین وزن نسبی ۰/۱۵۸، از نظر معیار میوه درجه دو، از کمترین اهمیت برخوردار بوده است (جدول ۷).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در مورد میوه‌های درجه دو، بیشترین درآمد این درجه از میوه در تیمار شاهد (۳۹۹۵۱۳۹ ریال) وجود داشت، که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار دارد. کمترین

میزان درآمد میوه درجه دو از تیمار تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه (۲۳۳۳۱۶۵ ریال) حاصل شد، که کاهش ۷۱ درصدی نسبت به درآمد میوه درجه دو شاهد را نشان می‌دهد (جدول ۱۲).

جدول ۷- وزن نسبی گزینه‌های مطالعه حاضر نسبت به معیار G3 (میوه درجه دو)

گزینه‌ها	وزن نسبی معمولی	وزن نسبی خاکستری	میانگین وزن نسبی	رتبه اهمیت
شاهد	۰/۳۰۸	۰/۳۱۶	۰/۳۱۲	۱
تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه	۰/۱۶۱	۰/۱۵۵	۰/۱۵۸	۵
تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه	۰/۱۹۴	۰/۱۹۳	۰/۱۹۴	۲
تنک کردن ۴۵ روز پس از تشکیل میوه	۰/۱۷۴	۰/۱۷۳	۰/۱۷۴	۳
تنک کردن ۶۰ روز پس از تشکیل میوه	۰/۱۶۴	۰/۱۶۳	۰/۱۶۳	۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با بررسی میانگین وزن‌های نسبی گزینه‌ها نسبت به معیار G4 (میوه درجه سه با وزن کمتر از ۶۵ گرم) مشخص شد که تیمار شاهد با میانگین وزن نسبی ۰/۲۱۰ مهم‌ترین گزینه است؛ و پس از آن، تمامی گزینه‌های تنک کردن با اختلاف بسیار کم در رتبه‌های بعدی اهمیت نسبی قرار دارند (جدول ۸). اما با توجه به نتایج مقایسه داده‌های درآمدی میوه درجه سه، بیشترین میزان درآمد این نوع میوه‌ها در تیمار شاهد (۲۴۲۵۲۲ ریال) و کمترین مقدار آن نیز در تیمار تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه (۸۲۴۶۵ ریال) بوده است (جدول ۱۲).

جدول ۸- وزن نسبی گزینه‌های مطالعه حاضر نسبت به معیار G4 (میوه درجه سه)

گزینه‌ها	وزن نسبی معمولی	وزن نسبی خاکستری	میانگین وزن نسبی	رتبه اهمیت
شاهد	۰/۲۱۰	۰/۲۰۹	۰/۲۱۰	۱
تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه	۰/۱۹۵	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶	۵
تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۳
تنک کردن ۴۵ روز پس از تشکیل میوه	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶	۴
تنک کردن ۶۰ روز پس از تشکیل میوه	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج مقایسه وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به معیار G5 (میوه خارج از رده) نشان داد که تیمار شاهد با میانگین وزن نسبی ۰/۶۸۹ بیشترین اهمیت را در این معیار به خود اختصاص می‌دهد و با سایر

بهینه‌سازی درآمد حاصل از تنک کردن.....

تیمارها دارای اختلاف بسیار زیاد است. اما بین زمان‌های مختلف تنک کردن، اختلاف بسیار کم و ناچیز وجود دارد (جدول ۹).

جدول ۹- وزن نسبی گزینه‌های مطالعه حاضر نسبت به معیار G5 (میوه خارج از رده)

گزینه‌ها	وزن نسبی	وزن نسبی خاکستری	میانگین وزن نسبی	رتبه اهمیت
شاهد	۰/۶۹۲	۰/۶۸۶	۰/۶۸۹	۱
تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه	۰/۰۷۷	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۵
تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه	۰/۰۷۷	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۳
تنک کردن ۴۵ روز پس از تشکیل میوه	۰/۰۷۷	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۴
تنک کردن ۶۰ روز پس از تشکیل میوه	۰/۰۷۷	۰/۰۸۰	۰/۰۷۹	۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مقایسه نهایی وزن نسبی گزینه‌های مورد مطالعه نسبت به هدف نشان داد که تیمار تنک کردن در ۳۰ روز پس از تشکیل میوه بیشترین وزن نسبی (۰/۲۳۶) را در بین گزینه‌ها نسبت به هدف مطالعه (بهترین زمان تنک کردن میوه کیوی فروت رقم هایوارد) را داراست. تیمار تنک کردن در ۱۵ روز پس از تشکیل میوه با میانگین وزن نسبی ۰/۲۱۵ در رتبه دوم اهمیت قرار دارد و تیمارهای تنک کردن در ۴۵ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه و تیمار شاهد، به ترتیب، با میانگین‌های ۰/۲۰۷، ۰/۱۸۳ و ۰/۱۵۸ در رتبه‌های بعدی اهمیت گزینه نسبت به هدف مطالعه قرار می‌گیرند (جدول ۱۰).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار تنک کردن میوه بر میزان درآمد کل هر تاک کیوی فروت تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد دارد (جدول ۱۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان درآمد کل در تیمارهای تنک کردن در ۳۰ و ۱۵ روز پس از تشکیل میوه (به ترتیب، با ۱۸۹۸۷۵۳۵ و ۱۸۹۵۵۵۶۲ ریال) به دست آمده، که حدود دوازده درصد بیش از تیمار شاهد (۱۶۹۹۵۰۹۹ ریال) است و اختلاف معنی‌دار با یکدیگر دارند. البته، درآمد تیمار تنک کردن ۶۰ روز پس از تشکیل میوه (۱۷۲۰۸۳۴۶ ریال) تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد ندارد (جدول ۱۲). با وجود عدم اختلاف معنی‌دار درآمد کل بین گزینه‌های تنک کردن ۶۰ روز و شاهد، درآمد حاصل از انواع درجات میوه از ممتاز تا خارج از رده در این دو گزینه اختلاف معنی‌دار را نشان داد. به دیگر سخن، درجات کیفی میوه از ممتاز تا درجه سه جزو معیارهای آزمایش بوده و نسبت به گزینه‌های تنک کردن درخت تصمیم دارای تفاوت است.

در پژوهش حاضر، درآمد اقتصادی حاصل از تیمارهای مختلف تنک کردن پس از تشکیل میوه بررسی شد و نتایج نشان داد که درآمد هر تاک در تیمار شاهد برابر با ۱۶۹۹۵۰۹۹ ریال و در تیمار تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه برابر با ۱۸۹۸۷۵۳۵ ریال است (جدول ۱۲). با توجه به تراکم کاشت ۳۵۰ تاک در هر هکتار، درآمد کل در هکتار برای تیمار شاهد ۵۹۴۸ میلیارد ریال و برای تیمار تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه ۶۶۴۵ میلیارد ریال برآورد شده و اختلاف درآمد بین دو تیمار برابر با ۶۹۷ میلیون ریال بوده است؛ و پس از کسر هزینه تنک کردن (۲۸ میلیون ریال در هکتار) نیز افزایش خالص درآمد ناشی از تنک کردن ۶۶۹ میلیون ریال در هکتار محاسبه شده، که بیانگر اثر بسیار مثبت تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه بر درآمد باغداران کیوی است.

جدول ۱۰- وزن نسبی گزینه‌های مطالعه حاضر نسبت به هدف مطالعه

گزینه‌ها	وزن نسبی	وزن نسبی خاکستری	میانگین وزن نسبی	رتبه اهمیت
شاهد	۰/۱۵۲	۰/۱۶۵	۰/۱۵۸	۵
تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه	۰/۲۱۶	۰/۲۱۴	۰/۲۱۵	۲
تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه	۰/۲۳۹	۰/۲۳۴	۰/۲۳۶	۱
تنک کردن ۴۵ روز پس از تشکیل میوه	۰/۲۰۸	۰/۲۰۶	۰/۲۰۷	۳
تنک کردن ۶۰ روز پس از تشکیل میوه	۰/۱۸۵	۰/۱۸۱	۰/۱۸۳	۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۱- نتایج تجزیه واریانس اثر زمان‌های مختلف تنک کردن میوه بر درآمد کل تاک و درجات مختلف میوه کیوی فروت رقم هایوارد

منابع تغییر	درجه آزادی	درآمد کل	ممتاز	میانگین مربعات	درجه سه	درجه دو	درجه یک
بلوک	۳	۱۲۶۵۱۲۹۸۰۰۶۹ ^{ns}	۵۱۵۳۹۲۸۷۷۳۵ ^{ns}	۳۴۷۷۹۵۴۱۶۸۹ ^{ns}	۳۹۲۷۹۷۰۹۹۳۹ ^{ns}	۳۷۶۲۳۰۴۰۸ ^{ns}	
تیمار	۴	۳/۹۴۲۷۰۳۵E۱۲ ^{**}	۱/۷۳۱۷۵۱۷E۱۲ ^{**}	۹/۲۶۵۷۵۲۷E۱۲ ^{**}	۱/۹۱۴۰۸۸۱E۱۲ ^{**}	۱۵۶۸۴۵۷۴۷۲۰ ^{**}	
خطا	۱۲	۵۰۶۷۹۰۶۷۲۶۳۴	۳۳۲۱۰۲۳۵۳۶۲	۴۵۹۴۶۶۲۳۷۲۴۰	۶۰۷۵۶۴۹۵۷۶۷	۵۷۹۵۵۴۳۴۱	
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۹۲	۱۱/۷۳	۴/۹۲	۸/۸۳	۱۷/۴۴	

*، ** و ^{ns}، به ترتیب، معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

$$E_{12} = \times 10^{12}$$

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بهینه‌سازی درآمد حاصل از تنک کردن.....

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر زمان‌های مختلف تنک کردن میوه بر درآمد کل تاک و درآمد درجات مختلف میوه تاک کیوی فروت رقم هایوارد (واحد: ریال)

تیمارها	درآمد کل	ممتاز	درجه یک	درجه دو	درجه سه
شاهد	۱۶۹۹۵۰۹۹ ^c	۴۲۴۶۰۶ ^c	۱۱۵۰۴۳۲۵ ^c	۳۹۹۵۱۳۹ ^a	۲۴۲۵۲۳ ^a
تنک کردن ۱۵ روز پس از تشکیل میوه	۱۸۹۵۵۶۶۲ ^a	۱۱۷۰۲۵۸ ^b	۱۵۳۶۹۷۷۴ ^a	۲۳۳۳۱۶۵ ^b	۸۲۴۶۵ ^c
تنک کردن ۳۰ روز پس از تشکیل میوه	۱۸۹۸۷۵۳۵ ^a	۲۲۶۶۷۳۸ ^a	۱۳۸۴۷۵۶۳ ^{ab}	۲۷۵۰۲۲۸ ^b	۱۲۳۰۰۷ ^{bc}
تنک کردن ۴۵ روز پس از تشکیل میوه	۱۸۷۶۳۸۳۳ ^{ab}	۱۲۳۲۹۷۴ ^b	۱۴۹۲۷۰۲۷ ^a	۲۵۰۳۷۰۸ ^b	۱۰۰۱۲۴ ^{bc}
تنک کردن ۶۰ روز پس از تشکیل میوه	۱۷۳۰۸۳۴۶ ^{bc}	۱۳۹۷۶۸۳ ^b	۱۳۲۹۰۳۶۱ ^b	۲۳۷۸۲۸۸ ^b	۱۴۲۰۱۴ ^b

در هر ستون حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد آزمون توکی است. وجود اختلاف بین درآمد کل و مجموع درآمد میوه‌های ممتاز و درجه یک، دو و سه در تیمار شاهد به دلیل وجود میوه‌های خارج از رده (ریز، پهن، دوقلو و بدشکل) در تیمار شاهد در زمان برداشت محصول است. مأخذ: یافته‌های پژوهش

یافته‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی معمولی (AHP) و تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری (GAHP) نشان داد که معیار میوه ممتاز بیشترین تأثیر را بر درآمد پرورش‌دهندگان کیوی فروت دارد. به دیگر سخن، هرچه اندازه میوه کیوی فروت بزرگ‌تر باشد، تأثیر بیشتری بر درآمد نهایی تاک خواهد گذاشت و از این‌رو، باید عملیات باغداری به سمت تولید بیشتر میوه ممتاز سوق داده شود. در میان تمامی گزینه‌های مطالعه حاضر نیز تیمار تنک کردن در ۳۰ روز پس از تشکیل میوه، با میانگین وزن نسبی ۲۳/۶ درصد، بیشترین اهمیت را نسبت به هدف پژوهش داشته، که بیانگر تأثیر بیشتر تنک کردن در این زمان نسبت به سایر زمان‌های تنک کردن در تولید میوه‌های با کیفیت بالاتر و دارای ارزش بیشتر است. دلیل آن را می‌توان در این واقعیت دید که میوه‌ها در روز پانزدهم پس از تشکیل بسیار کوچک بوده و بنابراین، تشخیص تفاوت ظاهری بین میوه‌های دارای اندازه عادی و ریز کمی مشکل و یا مستلزم صرف زمان و دقت بیشتر برای تشخیص به‌منظور اقدام به تنک کردن است؛ اما در روز سی‌ام پس از تشکیل میوه که میوه‌ها تا حدودی بزرگ می‌شوند و در نتیجه، به‌خوبی می‌توان اختلاف اندازه میان این دسته از میوه‌های ریز و میوه عادی را مشاهده و به‌دنبال آن، نسبت به تنک کردن اقدام کرد. در پژوهش حاضر، تنک کردن میوه‌ها در زمان‌های مختلف تأثیر معنی‌دار در عملکرد اقتصادی تاک‌ها داشته، به‌گونه‌ای که عملکرد اقتصادی کل هر تاک کیوی فروت رقم هایوارد در اثر انجام عملیات تنک و فارغ از زمان انجام آن افزایش یافته است؛ این نتیجه در مطابقت با نتایج پژوهش قهرمان و داردنیز (Kahraman & Dardeniz, 2015) روی کیوی فروت مبنی بر افزایش وزن میوه بر اثر تنک کردن

میوه به همراه حلقه برداری تنه است. به باور ههنن و همکاران (Hehnen et al., 2012)، تنک کردن میوه یکی از بهترین روش‌های باغی است که می‌تواند تشکیل گل را در فصل بعد افزایش دهد. در واقع، با تنک کردن میوه، نسبت میوه به برگ متعادل می‌شود و دسترسی به مواد مغذی برای میوه‌ها، اندام‌های هوایی و اندام‌های ذخیره افزایش می‌یابد (Costa & Vizzotto, 2000). به‌طور کلی، تاک‌های شاهد، به دلیل تنک نشدن، علاوه بر میوه‌های عادی، دارای میوه‌های غیرطبیعی نیز بودند که در شمار میوه‌های خارج از رده قرار می‌گیرند؛ این میوه‌ها درصدی از عملکرد محصول نهایی در هر تاک را شامل می‌شوند. بالا بودن درصد میوه‌های خارج از رده در تاک‌های شاهد کیوی فروت رقم هایوارد نسبت به تاک‌های تنک‌شده، با توجه به وزن نسبی بالا و ارزش‌گذاری اقتصادی پایین این نوع میوه‌ها، میزان درآمد به‌دست‌آمده از فروش این نوع میوه‌ها را بسیار کاهش داد. در پژوهش برزگر و همکاران (Barzegar et al., 2024)، با بررسی میزان انواع میوه‌های کیوی فروت رقم هایوارد، مشخص شد که میانگین میوه‌های غیرطبیعی در تاک‌های تنک‌شده حدود هفت تا نه درصد از کل تعداد میوه‌های تشکیل‌شده در هر تاک بود، در حالی که نسبت این میوه‌ها در تاک شاهد حدود ۱۱/۵ درصد از کل تعداد میوه‌ها بود.

همچنین، میزان تولید میوه‌های درجه سه در تاک شاهد عمدتاً به دلیل رقابت بالای میوه‌ها با یکدیگر و اندام‌های هوایی و زمینی تاک بر سر جذب آب و مواد غذایی افزایش می‌یابد که درصد این میوه‌ها را می‌توان در مراحل ابتدایی رشد، با انجام تنک به‌موقع کاهش داد. این موضوع در توافق با نتایج پژوهش برزگر و همکاران (Barzegar et al., 2024) است که بر اساس آن، با توجه به اینکه رشد میوه حداقل پس از تنک کردن ادامه خواهد داشت، اثرات تنک کردن بر ویژگی‌های میوه کیوی فروت آشکارتر می‌شود (Akbaş & Özcan, 2020). از سوی دیگر، با مقایسه وزن معیارها و گزینه‌های مختلف، بدین نتیجه می‌توان رسید که تاک‌های تنک‌نشده (شاهد) بیشترین حجم میوه‌های درجه پایین (درجه دو، درجه سه و خارج از رده) را تولید کردند و در نهایت، در مقایسه با سایر تیمارها، کمترین میزان درآمد را به‌دست دادند. این موضوع نشان می‌دهد که تمرکز بر تولید میوه‌های با کیفیت بالاتر در تعیین درآمد نهایی باغداران کیوی رقم هایوارد اهمیت بیشتری نسبت به تولید حجم زیادی میوه با کیفیت پایین دارد. این نکته اثبات می‌کند که عملکرد کیفی مهم‌تر از عملکرد وزنی بوده و بر درآمد پرورش‌دهندگان تأثیرگذارتر است. این موضوع بسیار اهمیت دارد، چراکه تحقیق کرواد (Croad, 2022) نیز نشان داد که پرورش‌دهندگان میوه کیوی فروت رقم هایوارد بازدهی اقتصادی باغ خود را عمدتاً از فروش میوه‌های درجه یک به‌دست می‌آورند. نتایج پژوهش حاضر در توافق با تحقیق انگامی

و همکاران (Angami et al., 2022) است که روی تاک‌های کیوی هفت‌ساله رقم آلیسون انجام شد و طبق نتایج آن، تعداد میوه در تاک و عملکرد کل با افزایش شدت تنک کردن دستی کاهش یافته است؛ اگرچه حداکثر تعداد میوه و عملکرد در شاهد مشاهده شده، اما عملکرد میوه درجه یک کمترین میزان بود که منجر به کمترین سود خالص شده است.

همچنین، به گفته آگوستی و پریمو-میلو (Agustí & Primo-Millo, 2020)، در تنک کردن با دست، کاهش عملکرد محصول معمولاً از نظر اقتصادی قابل قبول است و حذف بخشی از ضایعات میوه در باغ باعث بهبود ارزش برداشت و کاهش هزینه‌های بسته‌بندی می‌شود. به باور آنتوگنوتزی و همکاران (Antognozzi et al., 1991) نیز تنک کردن میوه بالغ کیوی فروت رقم هایوارد کاهش جزئی در عملکرد کل میوه را در پی دارد، اما اندازه و کیفیت میوه را افزایش می‌دهد، در حالی که تنک کردن زودهنگام (یعنی، روی گل‌ها و میوه‌های نارس کیوی) اثر منفی بر عملکرد نداشته است و کیفیت میوه بسته به شدت تنک کردن تغییر می‌یابد.

افزون بر این، یکی از اثرات مفید تنک کردن گل و میوه در کیوی فروت ایجاد نظم در باردهی تاک‌های کیوی برای سال‌های متوالی است، چراکه بار زیاد تاک‌های کیوی فروت در یک سال می‌تواند سبب کاهش باردهی در سال آتی شود (Warrington & Weston, 1990). بنابراین، می‌توان گفت که محاسبه میزان بازگشت هزینه تنک کردن میوه نه تنها بر تصمیم‌گیری در مورد تنک کردن میوه‌های خارج از رده تاثیر می‌گذارد، بلکه بر تنک کردن میوه‌هایی که به‌طور بالقوه، به‌عنوان درجه دو و درجه سه محسوب می‌شوند، اثرگذار است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

اندازه میوه در کیوی فروت یکی از ویژگی‌های مهم در کیفیت و در تعیین ارزش اقتصادی این میوه است. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان داد که زمان‌های مختلف تنک کردن میوه بر درآمد و وزن درجات مختلف کیفی میوه کیوی فروت رقم هایوارد تأثیر معنی‌دار دارد. انجام به‌موقع عملیات تنک میوه در کیوی فروت رقم هایوارد، با تغییر در روند توزیع مواد کربوهیدراته بین میوه‌ها، می‌تواند به تولید میوه‌هایی با اندازه و شکل یکسان بینجامد. همچنین، نتایج به‌دست‌آمده از درآمد کل در هر تیمار مشخص کرد که عملیات تنک، فارغ از زمان انجام آن، علی‌رغم حذف میوه‌های بدشکل و غیرطبیعی و نیز کاهش تولید میوه درجه دو، یک تغییر سیر کیفی تولید میوه از درجه دو به سمت میوه درجه یک و نیز از میوه درجه یک به سمت میوه ممتاز را در پی دارد. نتایج به‌کارگیری روش‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری (GAHP) نشان داد که بیشترین

اهمیت در افزایش درآمد حاصل از تنک کردن در دو تیمار تنک کردن ۳۰ و ۱۵ روز پس از تشکیل میوه، به ترتیب، با میزان ۰/۲۳۹ و ۰/۲۱۶) نسبت به سایر تیمارهاست، از این رو، پیشنهاد می شود که برای افزایش درآمد و در نتیجه، سود تولیدکنندگان، عملیات تنک میوه در بازه زمانی یک ماهه پس از تشکیل میوه های غیرطبیعی و به ویژه ریز در تاک های کیوی فروت رقم هایوارد، صورت پذیرد؛ و همچنین، محاسبه میزان بازگشت هزینه تنک کردن میوه صورت گیرد و نتایج آن با تیمار شاهد و سایر زمان های تنک کردن مقایسه شود.

منابع

1. Agustí, M., & Primo-Millo, E. (2020). Flowering and fruit set. In: The genus citrus (pp. 219-244). Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-812163-4.00011-5.
2. Akbaş, H., & Özcan, M. (2020). Effects of fruit/leaf ratios on fruit characteristics in kiwifruit. *Erwerbs-Obstbau*, 62(3), 369-375. DOI: 10.1007/s10341-020-00511-z.
3. Angami, T., Kalita, H., Chandra, A., Kumar, J., Makdoh, B., Singh, K. S., & Touthang, L. (2022). Augmenting the production and quality of Kiwifruit var. Allison through manual thinning and pruning. *Emergent Life Sciences Research*, 8, 150-155. DOI: 10.31783/elsr.2022.82150155.
4. Antognozzi, E., Tombesi, A., & Palliotti, A. (1991). Relationship between leaf area, leaf area index and fruiting in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *II International Symposium on Kiwifruit*, 297, 435-442. DOI: 10.17660/ActaHortic.1992.297.57.
5. Barzegar, R., Ghasemnezhad, M., Sharifzadeh, B., & Mehregan Nikoo, A. (2024). The effect of malformed fruit thinning at different times on fruit yield and quality of kiwifruit, *Actinidia deliciosa* cv. Hayward. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 55(1), 35-50. DOI: 10.22059/ijhs.2023.357502.2104 . [In Persian]
6. Boyd, L. M., & Barnett, A. M. (2011). Manipulation of whole-vine carbon allocation using girdling, pruning, and fruit thinning affects fruit numbers and quality in kiwifruit. *HortScience*, 46(4), 590-595. DOI: 10.21273/HORTSCI.46.4.590.
7. Costa de Matos Lessa, M. S., Amaral, T. M., Leão, P. C. S., & Oliva, J. T. (2024). Multi-criteria decision analysis applied to Brazilian grapevine

- genotype selection. *Journal of Food Composition and Analysis*, 130, 106126. DOI: 10.1016/j.jfca.2024.106126.
8. Costa, G., & Vizzotto, G. (2000). Fruit thinning of peach trees. *Plant Growth Regulation*, 31, 113-119. DOI: 10.1023/A:1006387605042.
 9. Croad, T. A. (2022). Investigating 'Food Waste Regimes' in primary production: lessons from the kiwifruit industry in Aotearoa New Zealand. Thesis of Master of Arts at the University of Otago, Dunedin, New Zealand.
 10. EU (2004). Commission Regulation (EC) No 1673/2004 of 24 September 2004 Laying Down the Marketing Standard Applicable to Kiwifruit. The Publications Office of the European Union (EU), Luxembourg.
 11. FAO (2024). FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Organization (FAO). Available at <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>.
 12. Frioni, T., Zhuang, S., Palliotti, A., Sivilotti, P., Falchi, R., & Sabbatini, P. (2017). Leaf removal and cluster thinning efficiencies are highly modulated by environmental conditions in cool climate viticulture. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68(3), 325-335. DOI: 10.5344/ajev.2017.16098.
 13. Hehnen, D., Hanrahan, I., Lewis, K., McFerson, J., & Blanke, M. (2012). Mechanical flower thinning improves fruit quality of apples and promotes consistent bearing. *Scientia Horticulturae*, 134, 241-244. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.11.011.
 14. IRIMO (2022). Geographical and climatic specifications of Lakan Kiwifruit [*Actinidia deliciosa* cv. Hayward] Commercial Garden, Rasht. Islamic Republic of Iran Meteorological Organization (IRIMO), Guilan, Iran. Available at <https://irimo.ir/far/index.php>. [In Persian]
 15. Kahraman, K. A., & Dardeniz, A. (2015). The influences of different thinning and girdling treatments on fruit yield and quality in kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward). *Bahçe*, 44(2), 49-64. DOI: 10.5555/20163218148.
 16. Kumar, A., & Pant, S. (2023). Analytic Hierarchy process for sustainable agriculture: an overview. *Methods X*, 10, 101954. DOI: 10.1016/j.mex.2022.101954. MAJ (2023). Agricultural statistics of horticultural products. Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ), Deputy of

- Planning and Economy, Information and Communication Technology Center, Tehran, Iran. Available at <http://www.maj.ir>. [In Persian]
17. Ouma, G. (2012). Fruit thinning with specific reference to citrus species: a review. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 3(4), 175-191. DOI: 10.5251/abjna.2012.3.4.175.191.
 18. Raut, R. D., Gardas, B. B., Kharat, M., & Narkhede, B. (2018). Modeling the drivers of post-harvest losses – MCDM approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 154, 426-433. DOI: 10.1016/j.compag.2018.09.035.
 19. Roos, E., & Den Hertog, D. (2021). A distributionally robust analysis of the program evaluation and review technique. *European Journal of Operational Research*, 291(3), 918-928. DOI: 10.1016/j.ejor.2020.09.027.
 20. Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York/London. DOI: 10.1007/978-1-4614-3597-6.
 21. Warrington, I. J. & Weston, G. C. (1990). Kiwifruit: science and management. Ray Richards Publisher.
 22. Watson, M., & Gould, K. S. (1994). Development of flat and fan-shaped fruit in *Actinidia chinensis* var. *chinensis* and *Actinidia deliciosa*. *Annals of Botany*, 74(1), 59-68. DOI: 10.1006/anbo.1994.1094.
 23. Wei, M., Ma, T., Cao, M., Wei, B., Li, C., Li, C., Zhang, K., Fang, Y., & Sun, X. (2022). Biomass estimation and characterization of the nutrient components of thinned unripe grapes in China and the global grape industries. *Food Chemistry: X*, 15, 100363. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100363.
 24. Wei, M., Wang, M., Jiang, W., Zhao, Z., Sun, X., Fang, Y., & Ma, T. (2025). Comprehensive evaluation of twelve kiwifruit (*Actinidia*) varieties on the winemaking adaptability based on multi-criteria decision-making method. *Food Chemistry*, 477, 143512. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.143512.
 25. Zareinejad, M., Kaviani, M., Esfahani, M., & Masoule, F. (2014). Performance evaluation of services quality in higher education institutions using modified SERVQUAL approach with Grey Analytic Hierarchy Process (GAHP) and multilevel grey evaluation. *Decision Science Letters*, 3(2), 143-156. DOI: 10.5267/j.dsl.2013.12.002.