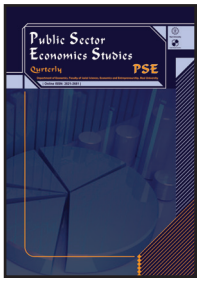
Journal website : https://pse.razi.ac.ir

Razi University

Iranian Economic Association



Public Sector Economics Studies 2
Qurterly PSE
Department of Economics, Faculty of Social Sciences, Economics and Entrepreneurship, Razi University
Vol. 1, Issue 2, Winter 2023 | Online ISSN: 2821-2681

The Financial Evaluation of Production of Advanced Hydrogen Fuel Cells in Iran

Salmani khankahdani, Z.[1]; Ghazizadeh, M. S.[2]; Mardani, H.[3]; Setayeshnazar, M.[3]

Type of Article: **Research**
10.22126/PSE.2023.8623.1013
Received: 2022.12.27; Accepted: 2023.02.12
Pp: 181-198

Abstract

The fuel cells are electrochemical equipment that produces electricity by compounding hydrogen and oxygen in a specific membrane. Fuel cells, as a cutting-edge technology and a maintenance free energy conversion equipment, have the potential to play a significant role in generation of clean electricity, especially for home size CHP and clean transportation based on hydrogen fueled vehicles, can provide new opportunities in the world's economy. In a study for the financial evaluation of the establishment of a fuel cell production facility in Iran, with a capacity of one million units per year, the economic modeling has been done by COMFAR software based on the UNIDO's Instructions. According to the results of this evaluation, IRR was well beyond the discount rate and the normal payback period as well as the dynamic payback period were in the range of 4-5 years. All of the financial ratios and risk analysis in the six stages justified the bill of investing.

Keywords: Fuel Cells, COMFAR Software, Financial Analysis, Financial Justifiability.

JEL Classification: A10, A11, A30, B40.

1. PhD Student of Electric Power System, Department of Power Systems Planning and Operation, Faculty of Electrical Engineering, Shahid Beheshti University,Tehran, Iran (Corresponding Author).
Email: z_salmanikhankahdani@sbu.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Power Systems Planning and Operation, Faculty of Electrical Engineering, Shahid Beheshti University,Tehran, Iran.
Email: m_ghazizadeh@sbu.ac.ir
3. PhD in Management and Economics, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
Email: hassan.mardani@gmail.com
4. Associate Professor, Department of Power Systems Planning and Operation, Faculty of Electrical Engineering, Shahid Beheshti University,Tehran, Iran.
Email: m_setayesh@sbu.ac.ir

Citations: Salmani khankahdani, Z.; Ghazizadeh, M. S.; Mardani, H. & Setayeshnazar, M. (2023). "The Financial Evaluation of Production of Advanced Hydrogen Fuel Cells in Iran". *Public Sector Economics Studies*, 1 (2), 181-198.
Homepage of this Article: https://pse.razi.ac.ir/article_2503.html?lang=en

وب‌سایت نشریه: https://pse.razi.ac.ir

فصلنامه مطالعات اقتصاد بخش عمومی ۲
گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اجتماعی، اقتصاد و کارآفرینی، دانشگاه رازی
دورهٔ ۱، شمارهٔ ۲، زمستان ۱۴۰۱ | شمارهٔ شاپای الکترونیکی: ۲۶۸۱-۲۸۲۱

ارزیابی مالی و اقتصادی احداث و راه‌اندازی کارخانهٔ تولید پیل سوختی به‌عنوان یک فناوری پیشرفته در ایران

زهره سلمانی خان‌کهدانی[۱]، محمدصادق قاضی‌زاده[۲]، حسن مردانی[۳]، مهرداد ستایش‌نظر[۴]

نوع مقاله: **پژوهشی**
10.22126/PSE.2023.8623.1013
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳
صص: ۱۸۱-۱۹۸

چکیده

پیل‌های سوختی تجهیزات الکتروشیمیایی‌اند که با ترکیب هیدروژن و اکسیژن از طریق ایجاد بار الکتریکی در راستای یک غشا، برق تولید می‌کنند. پیل‌های سوختی، به‌عنوان بخشی از فناوری‌های پیشرفتهٔ امروزی، نقش بسیار مهمی در تأمین انرژی پاک و به‌ویژه برای توسعهٔ حمل‌ونقل مبتنی بر هیدروژن خواهند داشت. از این‌رو، توسعهٔ بازار پیل سوختی مستلزم کاهش قیمت آن است و این کاهش قیمت نیازمند افزایش تیراژ تولید است. در مطالعهٔ مالی و اقتصادی تولید پیل سوختی با ظرفیت اسمی یک میلیون واحد در سال در ایران، بر اساس مفروضاتی که مطابق با استانداردهای یونیدو برای مدل‌سازی مالی و اقتصادی با نرم‌افزار کامفار است، مدل‌سازی انجام شده است. بر اساس مهم‌ترین شاخص ارزیابی مالی و اقتصادی طرح‌های صنعتی، میزان نرخ بازده داخلی به‌مراتب بیشتر از نرخ تنزیل تعریف‌شده است. همچنین شاخص دورهٔ بازگشت سرمایه در دو حالت عادی و متحرک بین چهار تا پنج سال است که بعد از این دورهٔ زمانی، میزان جریانات نقدی غیرمنفی می‌شود. علاوه بر این، نسبت‌های مالی گویای این مطلب است که پروژهٔ تولید پیل سوختی فاقد هرگونه بدهی است. تحلیل حساسیت پروژهٔ تولید پیل سوختی در شش حالت نیز از دیدگاه نرخ بازده داخلی و همچنین نقطهٔ سربه‌سر توجیه‌پذیری مالی و اقتصادی پروژه را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پیل سوختی، نرم‌افزار کامفار، شاخص‌های مالی و اقتصادی، نرخ بازده داخلی، دورهٔ بازگشت سرمایه.

طبقه‌بندی JEL: A10, A11, A30, B40.

۱. دانشجوی دکتری سیستم قدرت برق، گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت، دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: z_salmanikhankahdani@sbu.ac.ir
۲. دانشیار گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت، دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
Email: m_ghazizadeh@sbu.ac.ir
۳. دکتری مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.
Email: hassan.mardani@gmail.com
۴. دانشیار گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت، دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
Email: m_setayesh@sbu.ac.ir

ارجاع به مقاله: ذبیحی‌دان، محمدسعید؛ کفیلی، وحید. (۱۴۰۱). «ارزیابی مالی و اقتصادی احداث و راه‌اندازی کارخانهٔ تولید پیل سوختی به‌عنوان یک فناوری پیشرفته در ایران». مطالعات اقتصاد بخش عمومی، ۱ (۲)، ۱۸۱-۱۹۸.
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: https://pse.razi.ac.ir/article_2503.html

۱. مقدمه

پیل‌های سوختی به‌عنوان یک فناوری نوین و پیشرو در توسعهٔ صنعتی کشورها، از مکانیزمی کارآمد و پاک برای تبدیل انرژی استفاده می‌کنند. علاوه بر این، پیل‌های سوختی و حامل‌های انرژی مدرن مثل هیدروژن، برای توسعهٔ پایدار جوامع و امنیت انرژی که نیازی روزافزون در قرن بیست و یکم است سازگاری بهتری دارند (Roald et al, 2009). در نتیجه، آن‌ها به‌عنوان دستگاه‌های تبدیل انرژی آینده در نظر گرفته می‌شوند (Lindorfer et al, 2020). ماهیت ایستای پیل‌های سوختی عملکردی آرام و بدون صدا یا ارتعاش است (Agnolucci, 2007).

سیاست‌های توسعه‌ای کشور در بخش انرژی به‌ویژه گسترش حمل‌ونقل پاک و تولید هم‌زمان برق و حرارت، مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی مانند آلودگی هوا، ضرورت بهینه‌سازی مصرف، چشم‌انداز امیدوارکننده‌ای را برای به‌کارگیری پیل سوختی در ایران ارائه می‌کند. دو عنصر ضروری برای تولید پیل‌های سوختی پارچهٔ کربنی و کاغذ فیبر کربنی است که کاربرد گسترده‌ای دارند. ایران در یازده سال گذشته به دنبال توسعهٔ چشمگیر در ظرفیت تولید این مواد بوده است. بر اساس اطلاعات مبنی بر فروش پیل‌های سوختی در سراسر جهان، پیش‌بینی می‌شود که میزان تقاضا در بازار پیل سوختی در دورهٔ ۲۰۲۲ تا ۲۰۳۰ رشد فراوانی تجربه خواهد کرد و از ۲,۹ به ۳۲ میلیارد دلار خواهد رسید؛ بنابراین، مناسب است که تولید پیل سوختی در ایران موردتوجه تصمیم‌گیران و سرمایه‌گذاران قرار گیرد. این پژوهش بر آن است که توجیه‌پذیری سرمایه‌گذاری در احداث کارخانجات تولید پیل سوختی در ایران را ارزیابی کند.

۲. مبانی نظری

در پیل سوختی حالتی از انرژی به حالت دیگری تبدیل می‌شود؛ به‌طوری که در این تبدیل، مواد داخل پیل مصرف نمی‌شود. چگالی انرژی باتری کمتر از پیل سوختی است؛ ایمنی و هزینهٔ تولید پیل سوختی بهتر از باتری است؛ همچنین پر کردن مخزن سوخت پیل سوختی مانند فرایند شارژ نمودن باتری بسیار پیچیده نیست (Dyer, 2002). هر سلول سوختی دارای دو الکترود (آند و کاتد) و یک الکترولیت است. مابین این دو الکترود و غشا، به‌منظور جدا کردن دو بخش پیل است. در قطب آند هیدروژن بر روی یک کاتالیزور واکنش می‌دهد و یک یون با بار مثبت و الکترون با بار منفی تولید می‌کند. یون مثبت به‌وجودآمده از محیط الکترولیت گذر می‌کند. الکترون در فضای مدار حرکت می‌کند و تولید جریان ایجاد می‌شود. در قطب کاتد، اکسیژن با یون و الکترون واکنش نشان می‌دهد و آب و حرارت تولید می‌کند. این سلول، به‌تنهایی ۱,۷ ولت نیروی محرکهٔ الکتریکی تولید می‌کند که برای روشنایی یک لامپ کوچک کافی است. اگر این پیل‌ها به‌صورت سری و موازی قرار گیرند، می‌توانند برق با توان چندین مگاوات تولید کنند (باربیر[1]، ۱۳۹۵). یکی از پرکاربردترین انواع پیل سوختی، نوع پلیمری است. دمای عملکرد این سل به حداکثر ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد و با وجود وزن، حجم و هزینهٔ پایین، دارای دانسیتهٔ توان بالاست (Mikkola, 2001).

1. Barbier

۳. پیشینهٔ پژوهش

امکان ساخت ساده و طیف متنوع کاربردهای پیل سوختی، از جمله در حمل‌ونقل و خودروسازی (Jafri & Gupta, 2016; Bernay et al, 2002) و تولید برق (Lokurlu et al, 2003; Campanari, 2002) موجب شده به‌عنوان فناوری‌ای معرفی شود که در کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی مؤثر است (Kamarudin et al, 2009).

به‌طور خلاصه، پیل‌های سوختی تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی را به‌صورت پاک‌تر و کارآمدتر و با انعطاف بیشتر فراهم می‌کنند (Boudghene & Traversa, 2002; Edwards et al, 2008). پیل‌های سوختی زیستی که طی واکنش‌های بیوشیمیایی به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند، کاربرد دیگری هم دارند و از آن‌ها در فناوری زیستی استفاده می‌شود (Ivars-Barceló et al, 2018; Zhou et al, 2018). درک صحیح از اصول عملکرد پیل سوختی، همراه با چشم‌انداز فعلی این صنعت، برای غلبه بر چالش‌های موجود و پیشرفت کلی فناوری آن امری ضروری است. (Sharaf & Orhan, 2014). این در حالی است که پیل سوختی یک حوزهٔ بین‌رشته‌ای است که در آن الکتروشیمی (Zhao et al, 2009)، ترمودینامیک (Vargas & Bejan, 2004)، اقتصاد مهندسی (Steele & Heinzel, 2001)، مهندسی علوم مواد (Matsumoto et al, 1994) و مهندسی شیمی و برق با هم ادغام می‌شوند (Frysinger & McKechnie, 1966).

٤. روش‌شناسی پژوهش

زمانی که ایده‌های متفاوت برای سرمایه‌گذاری و انتخاب مطرح گردید، سرمایه‌گذاران به دنبال راه‌حل‌های مختلفی بودند تا بتوانند بهترین تصمیم را بگیرند؛ اما وجود پارامترهای فراوان (بیش از ۴۰۰۰ متغیر) محاسبات را به‌حدی پیچیده می‌کرد که تصمیم‌گیرندگان اطمینان لازم دربارهٔ نتایج آن‌ها نداشتند. از طرف دیگر، نگرش‌های متفاوت به یک موضوع خاص باعث می‌شد تا نتایج یکسان حاصل نشود. به عبارت دیگر، در مورد یک طرح، برخی محاسبات آن را از لحاظ اقتصادی منطقی مطرح می‌کرد و بعضی روش‌های محاسباتی آن را غیرمنطقی ارائه می‌کرد. برای حل این مشکل کمیته‌ای در (UNIDO)[1] برای استاندارد و ارزیابی اقتصادی طرح‌ها تشکیل شد و در نهایت نرم‌افزار (COMFAR)[2] تهیه و به بازار عرضه شد (Mahmoudi & Mahdavi, 2011). نرم‌افزار کامفار هم‌اکنون به ۱۹ زبان زندهٔ دنیا ترجمه شده است و در ۱۶۳ کشور به‌عنوان مبنای تحلیل‌های مالی و اقتصادی احداث و راه‌اندازی طرح‌های صنعتی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Bugarin, 2020). بر این اساس، در مقالهٔ حاضر برای مدل‌سازی از این نرم‌افزار استفاده شده است.

۵. یافته‌های پژوهش

۵-۱. برآورد شاخص‌های مالی طرح

تحلیل مالی و ارزیابی نهایی یک پروژه (بسته به تعریف سرمایه‌گذاری) شامل برآورد، تحلیل و ارزیابی ورودی‌های یک پروژه و خروجی‌های آن و درآمدهای خالص ایجادشده است. هدف اصلی تحلیل مالی، تعیین، تحلیل و تفسیر کلیهٔ مباحث اقتصادی، یک سرمایه‌گذاری است.

---

1. United Nations Industrial Development Organization
2. Computer Model for Feasibility Analysis and Reporting

۵-۱-۱. مفروضات مدل‌سازی مالی و اقتصادی با نرم‌افزار کامفار

بررسی شاخص‌های مالی و اقتصادی احداث و راه‌اندازی کارخانهٔ تولید پیل سوختی در ایران با نرم‌افزار کامفار دارای مفروضاتی به شرح ذیل است. دورهٔ ساخت کارخانه و همچنین دورهٔ بهره‌برداری، هرکدام به‌ترتیب به مدت یک و ده سال در نظر گرفته شده است. در نرم‌افزار کامفار، زمانی که به تعریف پروژه پرداخته می‌شود، در بخش تنزیل دو ساختار سرمایه‌گذار و حقوق صاحبان سهام مطرح می‌گردد که می‌توان نرخ تنزیل‌های متفاوتی برای سرمایه‌گذاران و سهامداران به‌صورت یکسان یا متفاوت تعریف کرد. منابع تأمین مالی به دو صورت تعریف می‌شود: «آوردهٔ سرمایه‌گذار» و «آوردهٔ سهامداران». وام‌های دریافتی آوردهٔ سرمایه‌گذار است. پروژهٔ تولید پیل سوختی در ایران فاقد سهامدار در نظر گرفته شده است. تمام منابع مالی به‌صورت آوردهٔ متقاضی، در دستهٔ «آوردهٔ سرمایه‌گذار» قرار دارد. نرخ تنزیل معرفی‌شده به نرم‌افزار کامفار نیز، از دیدگاه محاسبات سرمایه‌گذاری و همچنین حقوق صاحبان سهام، برابر با ۲۵ درصد است که ۷ درصد از سود بانکی بیشتر است. پروژه در تمام طول ده سال بهره‌برداری از مالیات معاف است. مدل ارزیابی موجودی‌ها در این مدل‌سازی به‌صورت مبلغی در نظر گرفته شده است. سال مرجع برای محاسبات سربه‌سر سال نهم از دورهٔ بهره‌برداری است. افزایش پلکانی قیمت سالانهٔ فروش اسمی یک میلیون واحد از محصولات، بر اساس میانگین پنج‌سالهٔ شاخص (PPI)[1] برابر با ۱۰ درصد است. تمام اطلاعات لازم پروژهٔ تولید پیل سوختی، مطابق استاندارد یونیدو وارد نرم‌افزار کامفار شده است.

۵-۱-۲. شاخص‌های مالی

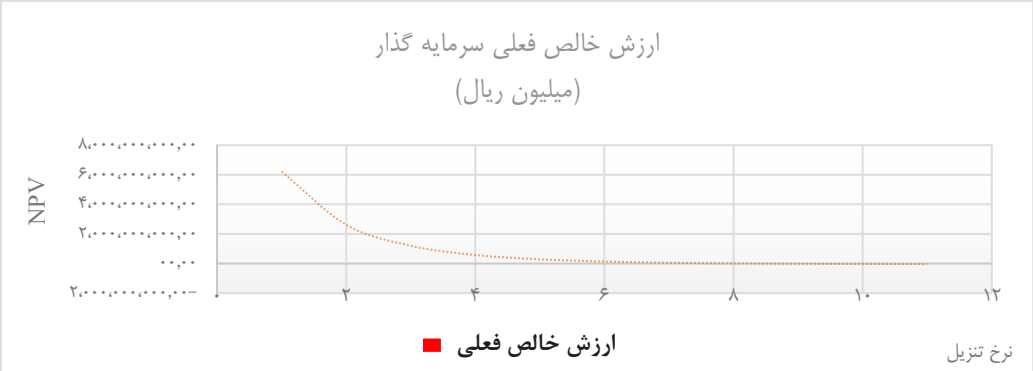
به‌منظور ارزیابی مالی و اقتصادی طرح تولید پیل سوختی با ظرفیت اسمی تولید یک میلیون واحد در سال، شاخص‌ها و صورت‌حساب‌های استاندارد به‌وسیلهٔ نرم‌افزار کامفار محاسبه شده است.

۱) ارزش خالص فعلی (NPV)[2]

نمودار (۱) مربوط به خالص ارزش فعلی کل سرمایه برحسب میلیون ریال در نرخ تنزیل‌های از بازهٔ صفر تا صد است. بررسی این نمودار نشان می‌دهد در بازهٔ نرخ تنزیل ۷۰ تا ۸۰ درصد، مقدار خالص ارزش فعلی کل سرمایه (NPV) از مثبت به سمت منفی تغییر پیدا کرده است و محور X نمودار خالص ارزش فعلی را در نرخ تنزیل ۷۵٫۵۰ ٪ قطع کرده است. در این حالت، خروجی‌های مالی پروژهٔ تولید پیل سوختی در نرخ تنزیل بزرگ‌تر از ۷۵٫۵۰٪، بزرگ‌تر از مقدار ورودی‌های مالی این پروژه است و بیانگر «غیر توجیه‌پذیر بودن» سرمایه‌گذاری از دید کل سرمایه برای پروژهٔ مذکور است و در نرخ تنزیل‌های کمتر از ۷۵٫۵۰٪ بیانگر «توجیه‌پذیر بودن» سرمایه‌گذاری از نگاه کل سرمایه است.

---

1. Producer Price Index
2. Net Present Value



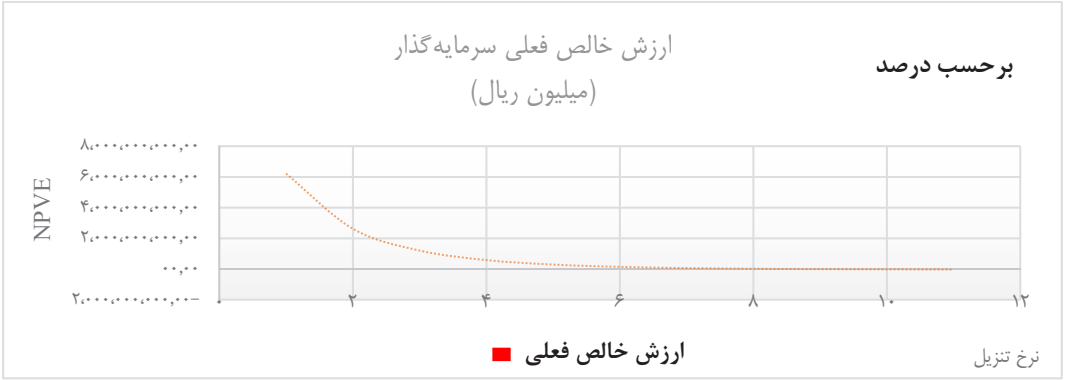
نمودار ۱. خالص ارزش فعلی کل سرمایه پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

مفهوم نمودار خالص ارزش فعلی به کل سرمایه در حالت «توجیه‌پذیری» این است که سود خالص و هزینه‌های تنزیل‌شده برای تعین خالص ارزش فعلی طرح، در نرخ تنزیل‌های کمتر از ۷۵,۵۰٪ یک مقدار خالص کنونی «غیرمنفی» است و در نرخ تنزیل‌های بالاتر از مقدار ۷۵,۵۰٪ یک مقدار خالص کنونی «منفی» است. یک مقدار خالص کنونی «غیرمنفی» به نرخ تنزیل، برابر با هزینهٔ فرصت‌یابی سرمایهٔ لازم برای تأمین مالی طرح نشان می دهد که طرح از این دیدگاه قابل‌قبول است و با توجه به نمودار خالص ارزش فعلی در نرخ تنزیل‌های کمتر از ۷۵,۵۰٪ برای پروژهٔ تولید پیل سوختی می‌توان این استنباط را داشت.

۲) ارزش خالص فعلی سرمایه‌گذار (NPVE)[1]

نمودار (۲) مربوط به خالص ارزش فعلی سرمایه‌گذار برحسب میلیون ریال در نرخ تنزیل‌های از بازهٔ صفر تا صد است. بررسی این نمودار نشان می‌دهد که در بازهٔ نرخ تنزیل ۷۰ تا ۸۰ درصد، مقدار خالص ارزش فعلی کل سرمایه (NPVE) از مثبت به سمت منفی تغییر پیدا کرده است. محور X نمودار خالص ارزش فعلی را در نرخ تنزیل ۷۵,۵۰ ٪ قطع کرده است. در این حالت، خروجی‌های مالی پروژهٔ تولید پیل سوختی در نرخ تنزیل بزرگ‌تر از ۷۵,۵۰٪ بزرگ‌تر از مقدار ورودی‌های مالی این پروژه است و بیانگر «غیر توجیه‌پذیر بودن» سرمایه‌گذاری است. در نرخ تنزیل‌های کمتر از ۷۵,۵۰٪ بیانگر «توجیه‌پذیر بودن» سرمایه‌گذاری از نگاه کل سرمایه است.



نمودار ۲. خالص ارزش فعلی سرمایه‌گذار پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

1. Net Present Value of Equity

۳) نرخ بازده داخلی (IRR)[1]

نرخ بازده داخلی نرخی است که با استفاده از آن ارزش فعلی جریانات نقدی خروجی برابر با ارزش فعلی جریانات نقدی ورودی پروژه است و به عبارت دیگر، در آن نرخ NPV صفر می‌شود. این نرخ بیانگر سوددهی واقعی پروژه است. بنابراین، در هنگام انتخاب یک پروژه، پروژه‌ای انتخاب می‌شود که IRR محاسبه‌شدهٔ آن بالاتر از نرخ هزینهٔ سرمایه همراه با صرف ریسک موردنظر باشد. در هنگام انتخاب یک پروژه از بین سایر پروژه‌ها نیز پروژهٔ با IRR بالاتر برگزیده می‌شود. در پروژهٔ تولید پیل سوختی، نرم‌افزار کامفار مقدار ۷۵٫۵۰٪ را به‌عنوان IRR در نظر گرفته است و بیانگر این نکته است که مقدار جریانات نقدی تنزیل‌شدهٔ ورودی بزرگ‌تر از جریانات نقدی تنزیل‌شدهٔ خروجی است؛ بنابراین، پروژهٔ تولید پیل سوختی از دیدگاه نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری توجیه‌پذیر است.

٤) نرخ بازده داخلی سرمایهٔ نقدی (IRRE)[2]

نرخ بازده داخلی نرخی است که با استفاده از آن ارزش فعلی جریانات نقدی خروج برابر با ارزش فعلی جریانات نقدی ورودی پروژه است و به عبارت دیگر، در آن نرخ NPVE صفر می‌شود. این نرخ بیانگر سوددهی واقعی پروژه از دیدگاه سرمایه‌گذار است. بنابراین، هنگام انتخاب یک پروژه، پروژه‌ای انتخاب می‌شود که IRRE محاسبه‌شدهٔ آن بالاتر از نرخ هزینهٔ سرمایه به همراه صرف ریسک موردنظر باشد. در هنگام انتخاب یک پروژه از بین سایر پروژه‌ها نیز پروژه‌ای با IRRE بالاتر برگزیده می‌شود. نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری را به این صورت تعریف می کنند: نرخ تنزیلی که «ارزش فعلی خالص طرح از دیدگاه سرمایه‌گذار» را صفر می‌کند. در پروژهٔ تولید پیل سوختی، نرم‌افزار کامفار مقدار ۷۵٫۵۰٪ را به‌عنوان IRRE در نظر گرفته است و بیانگر این نکته است که مقدار جریانات نقدی تنزیل‌شدهٔ ورودی بزرگ‌تر از جریانات نقدی تنزیل‌شدهٔ خروجی است؛ بنابراین، پروژهٔ تولید پیل سوختی از دیدگاه نرخ بازده داخلی حقوق صاحبان سهام سرمایه توجیه‌پذیر است.

۵) تحلیل نقطهٔ سربه‌سر (BEP)[3]

هدف از تحلیل سربه‌سر تعیین نقطهٔ تعادلی است که در آن درآمد فروش با هزینهٔ محصول فروخته‌شده یکسان می‌شود. زمانی که فروش و تولیدات محصولات زیر این نقطه باشد، شرکت در حال زیان‌دهی است. در حالی که درآمد مساویِ هزینه‌هاست و شرکت در نقطهٔ سربه‌سر است؛ هیچ سود و زیانی وجود ندارد و هنگامی که بالای نقطهٔ سربه‌سر وجود دارد، شرکت به سوددهی می‌رسد. برای تحلیل نقطهٔ سربه‌سر چند پیش‌فرض و شرط اساسی وجود دارد. در این تحلیل همواره تعداد فروش با تعداد تولید مساوی فرض شده است. به دلیل اینکه شرایط موجود مستمر نیست، تحلیل سربه‌سر بایست با حساسیت قیمت فروش هر محصول بررسی شود. تحلیل سربه‌سر نشان می‌دهد حجم فروش که هزینه‌های ثابت را به‌وسیلهٔ حاشیه‌های سود پوشش می‌دهد به چه صورت است.

---

1. Internal Rate of Return
2. Internal Rate of Return on Equity
3. Break-Even Point

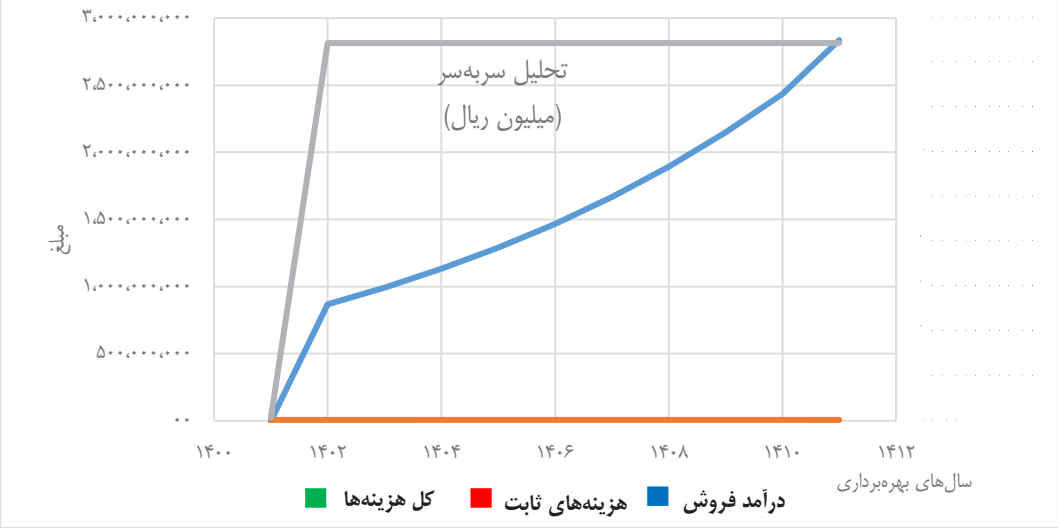
٦) تحلیل سربه‌سر کل دورهٔ منتخب (شامل هزینه‌های تأمین مالی به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی)

این نوع تحلیل شامل هزینه‌های ثابت (هزینه‌های تأمین مالی و غیر از آن)، هزینه‌های متغیر و درآمد فروش است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، مقادیر عددی پارامترهای مؤثر محاسبه‌شده به‌وسیلهٔ نرم‌افزار کامفار، در تحلیل سربه‌سر برای پروژهٔ تولید پیل سوختی شامل هزینه‌های تأمین مالی و همچنین به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی بیان شده است. نتایج حاصل از این جدول در نمودار (۳) به‌صورت گرافیکی ترسیم شده است.

جدول ۱. مقادیر عددی تحلیل سربه‌سر شامل هزینه‌های تأمین مالی، به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی

سال‌های بهره‌برداری	درآمد فروش	هزینه‌های متغیر	حاشیهٔ سود	هزینه‌های ثابت	نسبت حاشیهٔ سود (%)	ارزش فروش در سربه‌سر
۱۴۰۲	۸۶۸٬۷۲۵٬۰۰۰	۸۳۷٬۰۹۶٬۱۴۱٬۲۶	۳۱٬۶۲۸٬۸۵۸٬۷۴	۷٬۱۵۲٬۶۵۹٬۳۶	۳٫۶۴	۱۹۶٬۴۵۶٬۴۷۱٬۹۸
۱۴۰۳	۹۹۲٬۳۵۱٬۲۵۰	۸۳۷٬۰۹۶٬۷۴۷٬۵۰	۱۵۵٬۲۵۴٬۵۰۲٬۵	۷٬۱۵۳٬۴۵۰٬۱۴	۱۵٫۶۵	۴۵٬۷۲۳٬۲۱۶٬۲۵
۱۴۰۴	۱٬۱۳۲٬۰۱۵٬۵۰۰	۸۳۷٬۰۹۷٬۳۷۵٬۰۳	۲۹۴٬۹۱۸٬۱۲۴٬۹۶	۷٬۱۵۴٬۲۸۰٬۴۷	۲۶٫۰۵	۲۷٬۴۶۱٬۰۳۳٬۰۷
۱۴۰۵	۱٬۲۸۹٬۶۸۹٬۰۸۷٬۵۰	۸۳۷٬۰۹۸٬۰۲۴٬۹۲	۴۵۲٬۵۹۱٬۰۶۲٬۵۸	۷٬۱۵۵٬۱۵۲٬۳۱	۳۵٫۰۹	۲۰٬۳۸۹٬۰۹۴٬۳۰
۱۴۰۶	۱٬۴۶۷٬۵۷۷٬۲۳۷٬۵۰	۸۳۷٬۰۹۸٬۶۹۸٬۲۹	۶۳۰٬۴۷۸٬۵۳۹٬۲۱	۷٬۱۵۶٬۰۶۷٬۷۴	۴۲٫۹۶	۱۶٬۶۵۷٬۳۱۸٬۹۷
۱۴۰۷	۱٬۶۶۸٬۱۴۶٬۱۲۶٬۶۳	۸۳۷٬۰۹۹٬۳۹۶٬۲۹	۸۳۱٬۰۴۶٬۷۳۰٬۳۳	۷٬۱۵۷٬۰۲۸٬۹۵	۴۹٫۸۲	۱۴٬۳۶۶٬۱۸۳٬۸۵
۱۴۰۸	۱٬۸۹۴٬۱۵۳٬۰۲۱٬۲۰	۸۳۷٬۱۰۰٬۱۲۰٬۱۸	۱٬۰۵۷٬۰۵۲٬۹۰۱٬۰۲	۷٬۱۵۸٬۰۳۸٬۲۱	۵۵٫۸۱	۱۲٬۸۲۶٬۶۲۳٬۶۲
۱۴۰۹	۲٬۱۴۸٬۶۷۹٬۸۳۳٬۴۲	۸۳۷٬۱۰۰٬۸۷۱٬۲۴	۱٬۳۱۱٬۵۷۸٬۹۶۲٬۱۸	۷٬۱۵۹٬۰۹۷٬۹۴	۶۱٫۰۴	۱۱٬۷۲۸٬۳۱۳٬۵۹
۱۴۱۰	۲٬۴۳۵٬۱۷۰٬۴۷۷٬۸۸	۸۳۷٬۱۰۱٬۶۵۰٬۸۳	۱٬۵۹۸٬۰۶۸٬۸۲۷٬۰۵	۷٬۱۶۰٬۲۱۰٬۶۵	۶۵٫۶۲	۱۰٬۹۱۰٬۸۷۷٬۷۵
۱۴۱۱	۲٬۸۳۶٬۲۵۷٬۳۸۰٬۱۲	۸۳۷٬۱۰۲٬۶۴۰٬۸۱	۱٬۹۹۹٬۱۵۴٬۷۳۹٬۳۱	۷٬۱۶۱٬۳۷۹٬۰۰	۷۰٫۴۹	۱۰٬۱۶۰٬۰۵۰٬۹۷

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).



نمودار ۳. تحلیل سربه‌سر شامل هزینه‌های تأمین مالی به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

در نمودار (۳) نشان داده شده است تا سال ۱۴۰۲ نمودار درآمد فروش و نمودار کل هزینه‌ها تقریباً مماس بر یکدیگرند و نقطهٔ تعادلی بین دو این پارامتر وجود دارد. سپس درآمد حاصل از فروش روندی صعودی و مثبت در پیش می‌گیرد، اما کل هزینه‌ها تابع یک رفتار ثابت تا پایان سال‌های بهره‌برداری است. همچنین میزان هزینه‌های ثابت، در قیاس با هزینه‌های متغیر و درآمد فروش، اندک است. از مطالب فوق می‌توان چنین استنباط کرد که پروژهٔ تولید پیل‌های سوختی از لحاظ مالی توجیه‌پذیر است.

۷) نسبت حاشیهٔ سود

نسبت حاشیهٔ سود، در واقع درصد مشارکت بخش درآمد فروش، در افزایش هزینه‌های متغیر برای پوشش هزینه‌های ثابت موجود است. همان‌طور که این نسبت افزایش می‌یابد، حجم فروش سربه‌سر کاهش می‌یابد. رابطهٔ (۱) نحوهٔ محاسبهٔ نسبت حاشیهٔ سود را بیان می‌کند که در واقع حاصل تقسیم «سود ناویژه بعد از هزینه‌های متغیر» تقسیم بر «درآمد فروش» است.

$$\frac{Variable\ margin}{Sales\ revenue} \times 100 \qquad (۱)$$

در جدول (۲) نسبت حاشیهٔ سود محاسبه‌شده به‌وسیلهٔ نرم‌افزار کامفار در سال‌های بهره‌برداری برای پروژهٔ تولید پیل سوختی بیان شده است.

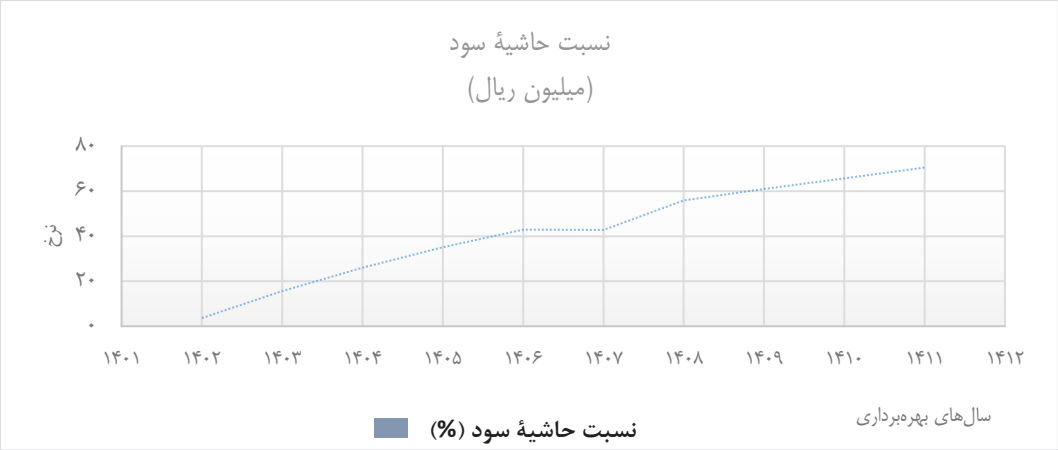
جدول ۲. نسبت حاشیهٔ سود محاسبه‌شده به‌وسیلهٔ نرم‌افزار کامفار در سال‌های بهره‌برداری برای پروژهٔ تولید پیل سوختی

سال‌های بهره‌برداری	نسبت حاشیهٔ سود (%)
۱۴۰۲	۳٫۶۴
۱۴۰۳	۱۵٫۶۵
۱۴۰۴	۲۶٫۰۵
۱۴۰۵	۳۵٫۰۹
۱۴۰۶	۴۲٫۹۶
۱۴۰۷	۴۹٫۸۲
۱۴۰۸	۵۵٫۸۱
۱۴۰۹	۶۱٫۰۴
۱۴۱۰	۶۵٫۶۲
۱۴۱۱	۷۰٫۴۹

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

نتایج عددی نسبت حاشیهٔ سود بیان‌شده در جدول (۲) به‌صورت گرافیکی در نمودار (۴) آمده است. در این نمودار روند تغییرات نسبت حاشیهٔ سود را در سه مرحله می‌توان بررسی کرد: مرحلهٔ نخست تغییرات نسبت حاشیهٔ

سود از سال ۱۴۰۲ به ۱۴۰۶ که تغییرات مثبت صعودی نسبت به سال اول را نشان می‌دهد و با توجه به رابطهٔ (۱) دلیل آن را می‌توان به افزایش مقدار سود ناویژه بعد از هزینه‌های متغیر نسبت داد. مرحلهٔ دوم تغییرات از سال ۱۴۰۶ تا ۱۴۰۷ است که در واقع، یک رفتار تقریباً ثابت در مقایسه با سال ۱۴۰۶ است. روند تغییرات در این مرحله آنی و گسترده نیست. با توجه به رابطهٔ (۱)، این بخش از تغییرات را که نشان‌دهندهٔ رفتار یکنواختی است می‌توان به تغییرات هم‌زمان «سود ناویژه بعد از هزینه‌های متغیر» و «درآمد فروش» نسبت داد. در واقع تغییرات در این دو مقدار یکنواخت و گسترده نیست. مرحلهٔ سوم تغییرات سال ۱۴۰۸ تا ۱۴۱۱ است که روند صعودی مثبت دارد، اما به شدتِ مرحلهٔ اول (تغییرات سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۶) نیست. همچنین طبق رابطهٔ (۱)، این‌گونه روند تغییرات بیانگر این مطلب است که «سود ناویژه بعد از هزینه‌های متغیر» و «درآمد فروش» هردو به میزان کمتری، با وجود افزایش درآمد فروش، تغییر کرده‌اند. با در نظر گرفتن نسبت حاشیهٔ سود محاسبه‌شده به‌وسیلهٔ نرم‌افزار کامفار، پروژهٔ تولید پیل سوختی از نگاه مالی توجیه‌پذیر است.



نمودار ٤. نسبت حاشیهٔ سود پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

۸) نسبت سربه‌سر (شامل هزینه‌های تأمین مالی به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی)

نسبت سربه‌سر عبارت است از نسبت فروش سربه‌سر به تولید برنامه‌ریزی‌شده برای یک دوره. درصد تولید برنامه‌ریزی‌شده حاشیهٔ متغیر هزینه‌های ثابت را می‌پوشاند. با افزایش نسبت سربه‌سر، میزان ریسک نیز افزایش می‌یابد. رابطهٔ (۲) بیانگر نحوهٔ محاسبهٔ نسبت سربه‌سر است. رابطهٔ نسبت سربه‌سر حاصل تقسیم «ارزش فروش در نقطهٔ سربه‌سر یا مقدار فروش کلی در فروش سربه‌سر» بر «درآمد فروش» است.

$$\frac{Break-even\ sales\ value}{Sales\ revenue}\times 100 \qquad (۲)$$

جدول ۳. نسبت حاشیهٔ سود محاسبه‌شده به‌وسیلهٔ نرم‌افزار کامفار در سال‌های بهره‌برداری برای پروژهٔ تولید پیل سوختی

سال‌های بهره‌برداری	نسبت سربه‌سر (%)
۱۴۰۲	۲۲٫۶۱
۱۴۰۳	۴٫۶۱
۱۴۰۴	۲٫۴۲
۱۴۰۵	۱٫۵۸
۱۴۰۶	۱٫۱۳
۱۴۰۷	۰٫۸۶
۱۴۰۸	۰٫۶۸
۱۴۰۹	۰٫۵۵
۱۴۱۰	۰٫۴۵
۱۴۱۱	۰٫۳۶

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

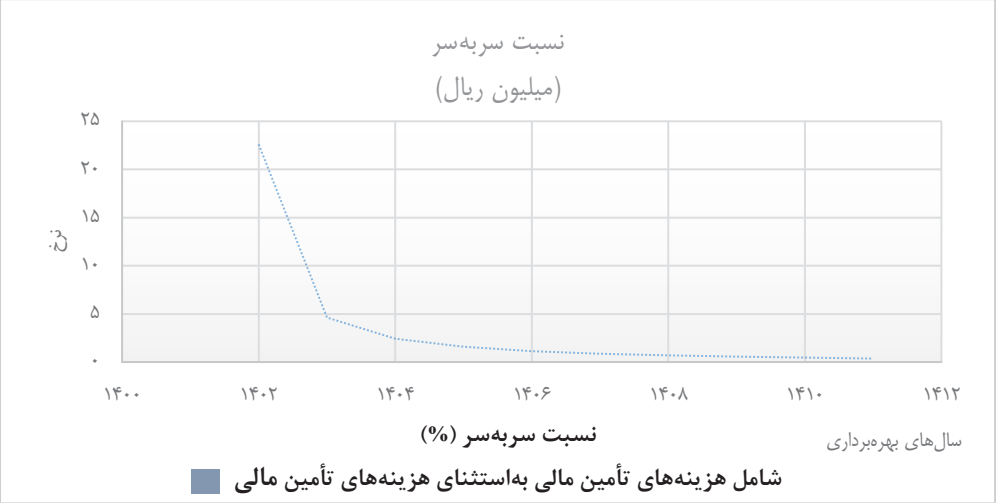
در جدول (۳) میزان نسبت سربه‌سر در دو حالت شامل هزینه‌های تأمین مالی و به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی، مقداری مثبت است. مطابق رابطهٔ (۳)، درآمد فروش و همچنین «ارزش فروش در نقطهٔ سربه‌سر» همواره مقداری مثبت است. رابطهٔ (۳) به درک بهتر ارزش فروش در نقطهٔ سربه‌سر کمک می‌کند.

$$\frac{Fixed\ costs + Financial\ costs}{Variable\ margin\ ratio} \times 100 \qquad (۳)$$

با توجه به رابطهٔ (۳)، نرخ سود ناویژه یا ناخالص مقداری مثبت است.

۹) سود ناخالص: سود ناخالص از عملیات + درصد درآمد غیرمترقبه – زیان غیرمترقبه – ذخایر استهلاک

نتایج عددی حاصل از جدول (۳) در نمودار (۵) آمده است. در این نمودار نسبت سربه‌سر شامل تأمین هزینه‌های مالی و به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی ترسیم شده است.



نمودار ۵. نسبت سربه‌سر پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

همان‌طور که در نمودار (۵) مشاهده می‌شود، تغییرات در سه بخش نمود یافته است: در بخش اول که مربوط به سال ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ است تغییرات نسبت سربه‌سر شامل هزینه‌های تأمین مالی با شیب منفی است. همچنین با توجه به رابطهٔ (۳)، مقدار ارزش فروش در نقطهٔ سربه‌سر افزایش یافته است و در نتیجه میزان تغییرات مطابق با رابطهٔ (۲)، نسبت سربه‌سر به سمت پایین نمودار حرکت خواهد کرد و منفی‌تر خواهد بود. بخش دوم تغییرات مربوط است به سال‌های ۱۴۰۳ تا ۱۴۰۶ که در آن، نسبت سربه‌سر در هردو حالتِ شامل هزینه‌های تأمین مالی و بدون هزینه‌های تأمین مالی رفتار نزولی را، با شدت کمتر در مقایسه با تغییرات مرحلهٔ اول، نشان می‌دهند. در بخش سوم تغییرات از سال ۱۴۰۷ تا ۱۴۱۱ شاهد یک رفتار نزولی با شدت تغییرات بسیار کمتر در مقایسه با دو مرحله تغییرات قبل وجود دارد که دلیل آن مقدار بسیار مثبت حاشیهٔ سود است. با توجه به مقدار مثبت نسبت سربه‌سر، در هردو حالت شامل هزینه‌های تأمین مالی و بدون هزینه‌های تأمین مالی، پروژهٔ تولید پیل سوختی توجیه‌پذیری مالی دارد.

۱۰) نسبت پوشش هزینه‌های ثابت (شامل هزینه‌های تأمین مالی به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی)

نسبت پوشش هزینه‌های ثابت یک شاخص ریسک طرح است. این نسبت در واقع نشان‌دهندهٔ چندگانه بودن سود ناخالص است که هزینه‌های ثابت را پوشش می‌دهد. رابطهٔ (۴) بیانگر نحوهٔ محاسبهٔ نسبت پوشش هزینه‌های ثابت است که از تقسیم «سود ناخالص» بر «هزینه‌های ثابت» به دست می‌آید.

$$\frac{Variable\ margin}{Fixed\ Costs} \qquad (۴)$$

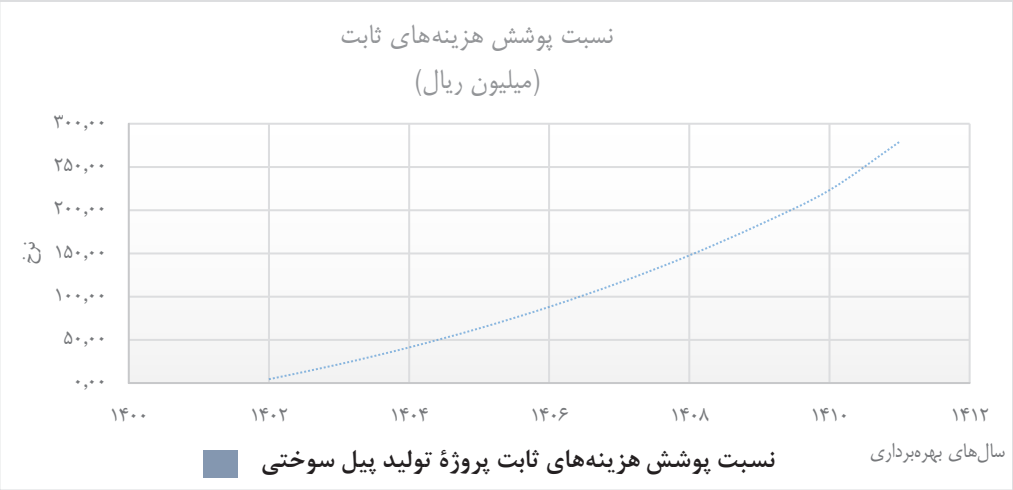
در جدول (۴) مقادیر نسبت پوشش هزینه‌های ثابت، شامل هزینه‌های تأمین مالی و بدون هزینه‌های تأمین مالی برای پروژهٔ تولید پیل سوختی در سال‌های بهره‌برداری ذکر شده است.

جدول ٤. نسبت پوشش هزینه‌های ثابت محاسبه‌شده به‌وسیلهٔ نرم‌افزار کامفار در سال‌های بهره‌برداری برای پروژهٔ تولید پیل سوختی

سال‌های بهره‌برداری	نسبت پوشش هزینه‌های ثابت
۱۴۰۲	۴٫۴۲
۱۴۰۳	۲۱٫۷۰
۱۴۰۴	۴۱٫۲۲
۱۴۰۵	۶۳٫۲۵
۱۴۰۶	۸۸٫۱۰
۱۴۰۷	۱۱۶٫۱۲
۱۴۰۸	۱۴۷٫۶۷
۱۴۰۹	۱۸۳٫۲۰
۱۴۱۰	۲۲۳٫۱۹
۱۴۱۱	۲۷۹٫۱۶

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

نتایج عددی حاصل از جدول (۴) در نمودار (۶) نشان داده شده است. در این نمودار نسبت پوشش هزینه‌های ثابت، شامل تأمین هزینه‌های مالی و به‌استثنای هزینه‌های تأمین مالی، ترسیم شده است.



نمودار ٦. نسبت پوشش هزینه‌های ثابت پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

تغییرات در نمودار (۶) در دو بخش نمایان شده است. در بخش اول که مربوط به سال ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ است، تغییرات نسبت پوشش هزینه‌های ثابت شامل هزینه‌های تأمین مالی با شیب تند مثبت صعودی است؛ بنابراین، با توجه به رابطهٔ (۴)، میزان نسبت پوشش هزینه‌های ثابت به سمت بالای نمودار حرکت خواهد کرد و مثبت خواهد بود. این بخش، بدون هزینه‌های تأمین مالی، تغییرات یکسانی را نشان می‌دهد. بخش دوم تغییرات به سال‌های ۱۴۰۳ تا ۱۴۱۱ مربوط است. در این بخش نسبت پوشش هزینه‌های ثابت در هردو حالت، شامل هزینه‌های تأمین مالی و بدون هزینه‌های تأمین مالی، رفتار یکسانی را نشان می‌دهد. دلیل اصلی آن یکسان بودن مقدار هزینه‌های ثابت در هردو حالت است. با توجه به مقدار مثبت نسبت پوشش هزینه‌های ثابت در هردو حالت، شامل هزینه‌های تأمین مالی و بدون هزینه‌های تأمین مالی، پروژهٔ تولید پیل سوختی توجیه‌پذیری مالی دارد.

۱۱) تجزیه و تحلیل حساسیت IRR و NPV

وقتی پارامترهای کلیدی طرح از تنوع برخوردار باشند، تغییر IRR و همچنین NPV نشان می‌دهند که حساسیت این شاخص به پارامتر است. وقتی پارامترهای کلیدی پروژه از تنوع برخوردار باشد، میزان اثرپذیری این پارامترها بر شاخص‌های IRR و NPV بیانگر میزان حساسیت شاخص‌های مالی طرح مطالعاتی به تغییرات پارامترهای کلیدی محسوب می‌شود. از این‌رو میزان تغییرات شاخص‌های «نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری» و «خالص ارزش فعلی» با تغییر پارامترهای دیگر سنجیده می‌شود تا بتوان درک بهتری از میزان یکپارچگی مالی پروژهٔ مطالعاتی داشت. پارامترهایی که طرح بیشترین حساسیت را به آن دارد باید بررسی شود. در پروژهٔ تولید پیل سوختی، حساسیت IRR و NPV بررسی شده و نتایج در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵. آنالیز حساسیت نسبت به برنامهٔ فروش پروژهٔ تولید پیل سوختی

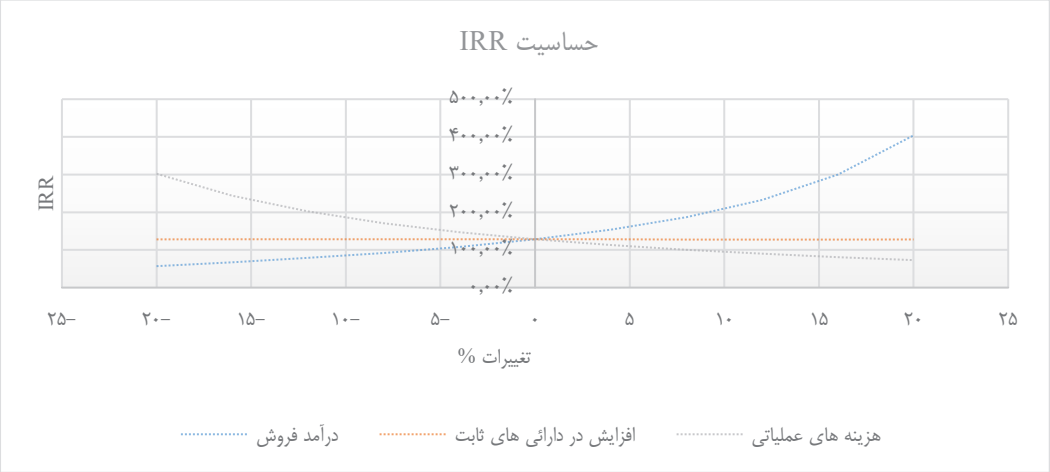
آنالیز حساسیت نسبت به برنامهٔ فروش		نرخ بازده داخلی IRR	ارزش خالص فعلی NPV
کاهش قیمت	٪۱۵	٪۴۳/۹	۳۸۹,۰۹۴,۶۹۴.۸۱
	٪۱۰	٪۵۲/۸۹	۵۳۸,۴۸۴,۹۳۹.۵۰
	٪۵	٪۶۳/۴۷	۶۸۷,۷۹۰,۹۵۶.۰۵
	قیمت در وضعیت عادی	٪۷۶/۲۵	۸۳۳,۱۶۵,۹۲۱.۵۰
افزایش قیمت	+٪۵	٪۸۹/۳۴	۹۷۵,۵۲۲,۱۷۵.۵۸
	+٪۱۰	٪۱۰۶/۳۶	۱,۱۱۷,۸۷۸,۴۲۹.۶۵
	+٪۱۵	٪۱۲۷/۸۷	۱,۲۶۰,۲۳۴,۶۸۳.۷۳

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

جدول ٦. آنالیز حساسیت IRR به پارامترهای مؤثر در پروژهٔ تولید پیل سوختی

هزینه‌های عملیاتی	افزایش در دارایی‌های ثابت	درآمد فروش	IRR
٪۳۰۲،۱۴	٪۱۲۷/۹۵	٪۵۶/۹۰	-٪۲۰
٪۲۴۳،۵۷	٪۱۲۷/۹۳	٪۶۷/۳۰	-٪۱۶
٪۲۰۱،۷۹	٪۱۲۷/۹۲	٪۷۸/۵۹	-٪۱۲
٪۱۷۰،۶۸	٪۱۲۷/۹۰	٪۹۱/۸۳	-٪۸
٪۱۴۶/۷۵	٪۱۲۷/۸۸	٪۱۰۷/۸۹	-٪۴
٪۱۲۷/۸۷	٪۱۲۷/۸۷	٪۱۲۷/۸۷	۰
٪۱۱۲/۶۵	٪۱۲۷/۸۵	٪۱۵۳/۳۹	٪۴
٪۱۰۰/۱۵	٪۱۲۷/۸۴	٪۱۸۷/۰۳	٪۸
٪۸۹/۷۱	٪۱۲۷/۸۳	٪۲۳۳/۱۹	٪۱۲
٪۸۰/۸۷	٪۱۲۷/۸۱	٪۲۹۹/۹۳	٪۱۶
٪۷۲/۸۸	٪۱۲۷/۷۹	٪۴۰۳/۹۸	٪۲۰

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).



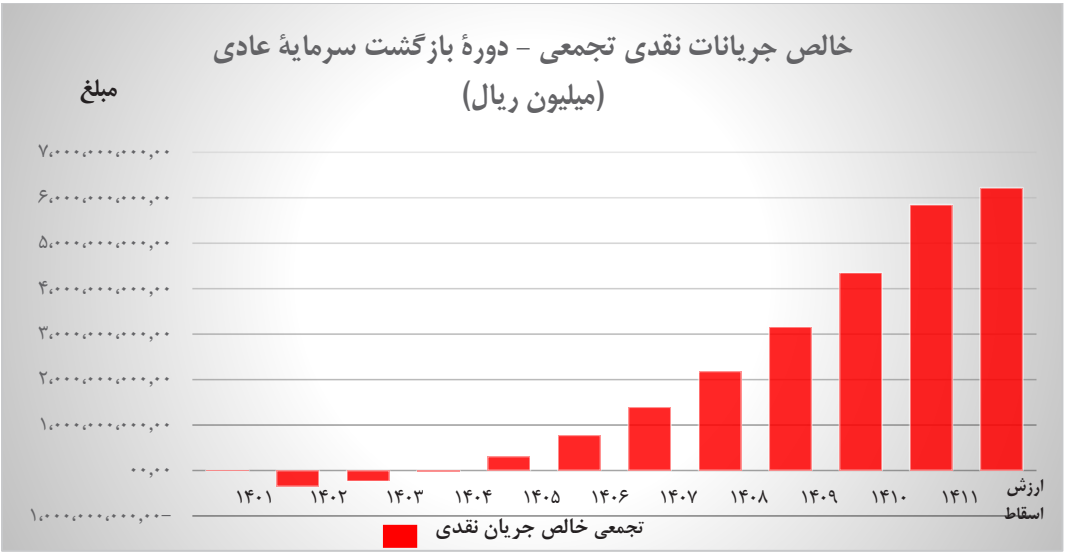
نمودار ۷. بررسی میزان حساسیت IRR پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

مهم‌ترین نکته‌ای که در تحلیل نمودار حساسیت IRR باید مدنظر داشت بررسی تغییرات درآمد حاصل از فروش است. نمودار (۷) در پروژهٔ تولید پیل سوختی نشان می‌دهد که مقدار تغییرات صفر درصد میزان درآمد فروش افزایش یافته است. در واقع درآمد بیشتری به‌مرور حاصل می‌گردد که می‌تواند به‌مرور سبب بازگشت سرمایه شود. روند تغییرات درآمد فروش مثبت است. در بخش دارایی‌های ثابت، با توجه به استهلاک و سایر هزینه‌ها، این مقدار روندی نزولی را طی می‌کند که دلیل آن افزایش مقدار تغییرات در میزان نرخ تنزیل است. همچنین افزایش نرخ تنزیل موجب کاهش میزان هزینه‌های عملیاتی می‌شود.

۱۲) دورهٔ بازگشت سرمایه (Payback Period)

الف) دورهٔ بازگشت سرمایهٔ عادی (Normal Payback Period): بیانگر مدت دورهٔ بازگشت سرمایه بدون در نظر گرفتن مقدار نرخ تنزیل سرمایه است و همچنین در نظر گرفتن تاریخ مربوط به اولین سال که خالص بازده نقدی تجمعی مثبت می‌شود. در این بخش، نرم‌افزار به محاسبهٔ مدت‌زمان بازگشت سرمایه بدون در نظر گرفتن زمان–ارزش مالی می‌پردازد. نتایج حاصل از دورهٔ بازگشت سرمایهٔ عادی پروژهٔ تولید پیل سوختی در نمودار (۸) آمده است.



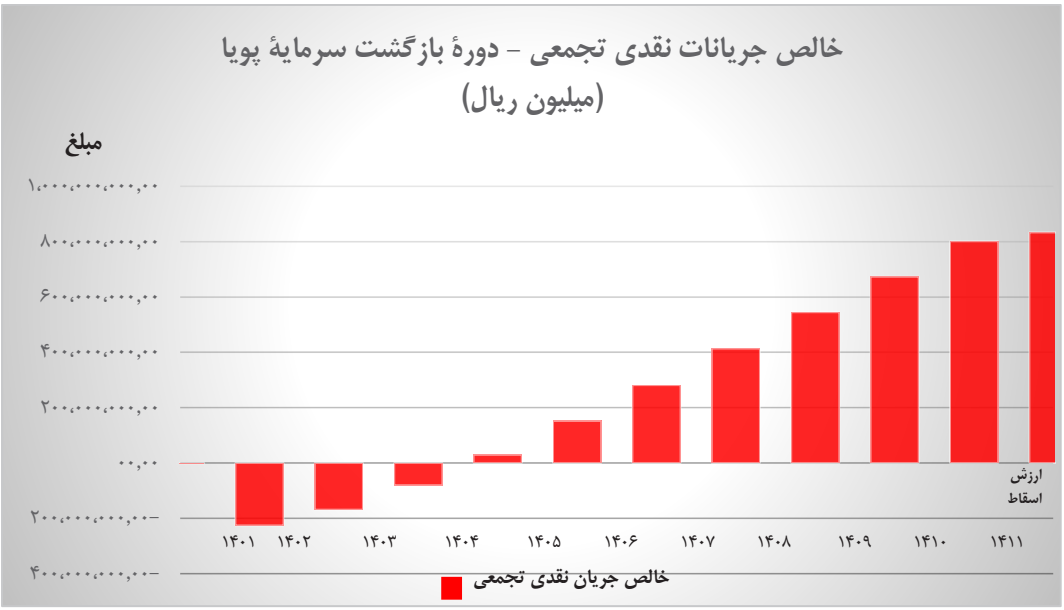
نمودار ۸. دورهٔ بازگشت سرمایهٔ عادی پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

در نمودار بالا دورهٔ بازگشت عادی سرمایه با نرخ تنزیل ۲۵ درصد، بیش از ۴ سال است (۴٫۰۸ سال) که این تغییر مشخص است. سال ۱۴۰۵ میزان بازده نقدی تجمعی از سمت منفی (زیر نمودار) به سمت مثبت (بالای نمودار) تغییر می‌یابد.

ب) دورهٔ بازگشت سرمایهٔ پویا (Dynamic Payback Period): بیانگر مدت دورهٔ بازگشت سرمایه با در نظر گرفتن مقدار نرخ تنزیل سرمایه، یعنی ۲۵٪ است و در نظر گرفتن تاریخ مربوط به اولین سال که خالص بازده نقدی

تجمعی مثبت می‌شود. در این بخش، نرم‌افزار به محاسبهٔ مدت‌زمان بازگشت سرمایه با در نظر گرفتن زمان–ارزش مالی می‌پردازد. نتایج حاصل از دورهٔ بازگشت سرمایهٔ متحرک پروژهٔ تولید پیل سوختی در نمودار (۹) نشان داده شده است.



نمودار ۹. دورهٔ بازگشت سرمایهٔ پویا پروژهٔ تولید پیل سوختی

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

در نمودار (۹) دورهٔ بازگشت متحرک سرمایه با نرخ تنزیل ۲۵٪، بیش از ۴ سال است (۴,۷۳ سال) که این تغییر مشخص است. سال ۵۴ میزان بازده نقدی تجمعی از سمت منفی (زیر نمودار) به سمت مثبت (بالای نمودار) تغییر پیدا می‌کند.

٦. نتیجه‌گیری

به اعتقاد کارشناسان اقتصادی، سند توسعهٔ صنعتی کشور در راستای چشم‌انداز تحولات صنعتی و فناورانهٔ پیش‌رو باید مبتنی بر اصلاح و توسعهٔ زنجیرهٔ صنعت، صنایع دانش‌محور، صنایع الکتروأُپتیک و ارتباطات دور باشد. پیل‌های سوختی از فناوری‌های بسیار پیشرفته محسوب می‌شود و اهمیت بسیار بالایی در تهیه و تنظیم استراتژی‌های کلان کشورها، به‌خصوص کشورهای در حال توسعه دارد. ایران نیز، با توجه به نیاز وسیعی که در زمینهٔ توسعهٔ صنایع خود دارد، از این قاعده مستثنا نیست. احداث کارخانهٔ تولید پیل‌های سوختی یک ضرورت است.

نتایج حاصل از مدل‌سازی مالی پروژهٔ تولید پیل سوختی با نرم‌افزار کامفار که در این مقاله ارائه شد، گویای این مطلب است که تمامی شاخص‌های مالی محاسبه‌شده به‌وسیلهٔ نرم‌افزار کامفار توجیه‌پذیری مالی اجرای این پروژه را تأیید می‌کند. پروژهٔ تولید پیل سوختی در ایران، با توجه به فرصت‌های نیروی کار ارزان، بازار بسیار مناسب برای

مصرف داخلی و صادرات، همچنین میزان ریسک کم، اجرای این پروژه را منطقی جلوه می‌دهد. در تیراژ بالا، قیمت نهایی محصول کاهش می‌یابد که با توجه به گسترهٔ کاربرد پیل سوختی، گزینهٔ بسیار مناسبی برای سرمایه‌گذاری در زمینه‌های گوناگون محسوب می‌شود، از جمله در خودروهای دوستدار محیط‌زیست با توجه به مصرف هیدروژن، در پیل سوختی پلیمری تولید برق در مصارف خانگی و نیروگاه‌ها.

منابع

اسدی، محمدهادی؛ امین‌زاده، رحیم. (۱۳۹۲). «بررسی نرم‌افزار کامفار در مدیریت ساخت». *اولین همایش ملی مصالح ساختمانی و فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان*، یزد.

باربیر، فرانو. (۱۳۹۵). *پیل‌های سوختی با غشاء مبادله‌کنندهٔ پروتون (نظری و عملی)*. ترجمهٔ محمد ژیانی و همکاران، اصفهان: مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

Agnolucci, P. (2007). “Economics and Market Prospects of Portable Fuel Cells”. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(17), 4319-4328.

Asadi, M. H. & Aminzade, R. (2012). “Review of Comfar Software in Construction Management”. *The first National Conference on Construction Materials and New Technologies in the Construction Industry*, Yazd. [In Persian].

Barbier, F. (2018). *PEM Fuel Cell: Theory and Practice*. Zhiani, M. et al (Translated), Isfahan Univesity of Technology. [In Persian].

Bernay, C.; Marchand, M. & Cassir, M. (2002). “Prospects of Different Fuel Cell Technologies for Vehicle Applications”. *Journal of Power Sources*, 108(1-2), 139-152.

Boudghene, S. A. & Traversa, E. (2002). “Fuel Cells, an Alternative to Standard Sources of Energy”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 6(3), 295-304.

Bugarin, D.; Jelić, I.; Gomilanović, M. & Doderovic, A. (2020). “Application of the COMFAR III Software Package in Development a Feasibility Study of Investment on an Example of Technical-construction Stone of the Open Pit Gelja Ljut.” *Mining and Metallurgy Engineering Bor*, 3-4, 67-80.

Campanari, S. (2002). Carbon Dioxide Separation from High Temperature Fuel Cell Power Plants”. *Journal of Power Sources*, 112(1), 273-289.

Dyer, C. K. (2002). “Fuel Cells for Portable Applications”. *Journal of Power Sources*, 106(1-2), 31-34.

Edwards, P. P.; Kuznetsov, V. L.; David, W. I. F. & Brandon, N. P. (2008). “Hydrogen and Fuel Cells: Towards a Sustainable Energy Future”. *Energy Policy*, 36(12), 4356-4362.

Frysinger, G. R. & McKechnie, R. M. (1966). "Chemical and Electrical Engineering of Fuel Cell Systems". Progress in Astronautics and Rocketry, 16, 1035-1042.

Ivars-Barceló, F.; Zuliani, A.; Fallah, M.; Mashkour, M.; Rahimnejad, M.; Luque, R. (2018). "Novel Applications of Microbial Fuel Cells in Sensors and Biosensors". *Applied Sciences*, 8(7), 1184.

Jafri, N. H. & Gupta, S. (2016). "An Overview of Fuel Cells Application in Transportation". In *Proceedings of the 2016 IEEE Transporation Electrification Conference and Expo*, Asia-Pacific (ITEC), Busan, Korea, 1-4 June; 129-133.

Kamarudin, S. K.; Achmad, F. & Daud, W. R. W. (2009). "Overview on the Application of Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) for Portable Electronic Devices". *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(16), 6902-6916.

Lindorfer, J.; Rosenfeld, D. C. & Böhm, H. (2020). "Fuel Cells: Energy Conversion Technology". In T. M. Letcher (Ed.), *Future Energy*, Third Edition, 495-517.

Lokurlu, A.; Grube, T.; Höhlein, B. & Stolten, D. (2003). Fuel Cells for Mobile and Stationary Applications - Cost Analysis for Combined Heat and Power Stations on the Basis of Fuel Cells". *International Journal of Hydrogen Energy*, 28(7), 703-711.

Mahmoudi, A. & Mahdavi, M. (2011). "Application of an International Standard Pattern for Financial and Economical Evaluation of the Tourism Services Projects (Case Study Rijab- Dalahou City- Kermanshah Province)". *Indian Journal of Science and Technology*, 4(6), 708-715.

Matsumoto, Y.; Yokoyama, R. & Ito, K. (1994). "Engineering-economic Optimization of a Fuel Cell Cogeneration Plant". *J. Eng. Gas Turbines Power*, 116(1), 8-14.

Mikkola, M. (2001). *Experimental Studies on Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Stacks*. Master's Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Technology, Helsinki University of Technology.

Sharaf, O. Z. & Orhan, M. F. (2014). "An Overview of Fuel Cell Technology: Fundamentals and Applications". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 810-853.

Steele B. C. & Heinzel, A. (2001) "Materials for Fuel-cell Technologies". *Nature*, 414(6861), 345-352.

Suurs, R. A. A.; Hekkert, M. P. & Smits, R. E. H. M. (2009). "Understanding the Build-up of a Technological Innovation System around Hydrogen and Fuel Cell Technologies". *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(24), 9639-9654.

Vargas, J. V. C. & Bejan, A. (2004). "Thermodynamic Optimization of Internal Structure in a Fuel Cell". *International Journal of Energy Research*, 28(4), 319-339.

Zhao, F.; Slade, R. C. T. & Varcoe, J. R. (2009). "Techniques for the Study and Development of Microbial Fuel Cells: An Electrochemical Perspective". *Chemical Society Reviews*, 38(7), 1926-1939.

Zhou, Sh.; Shaobin, H.; Li, Y.; Zhao, N.; Li, H.; Angelidaki, I. & Zhang, Y. (2018). "Microbial Fuel Cell-based Biosensor for Toxic Carbon Monoxide Monitoring, *Talanta*, 186, 368-371.