Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Wood and Forest Science and Technology

Print ISSN: 2322-2077
Online ISSN: 2322-2786

Identification of indicators effecting the production and consumption of nanocellulose in Iran using Delphi method

Ahmadreza Najafi Moghadam[1], Ali Rafighi[*2], Hossein Yousefi[3]

1. Ph.D. Student, Dept. of Wood Technology and Engineering, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: ahmadreza.najafimoghadam@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Wood Technology and Engineering, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: rafighi@gau.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Wood Technology and Engineering, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hyousefi.ir@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.06.2022
Revised: 09.07.2022
Accepted: 10.01.2022

Keywords:
Delphi method,
Nanocellulose,
Production and Consumption

ABSTRACT

Background and Objectives: Nanocelluloses have attracted the attention of some countries due to their potential in economic growth. In general, there are produced in two ways: top-down (vegetable nanocellulose) and bottom-up strategy (bacterial nanocellulose). This valuable material is widely used in the technology of various industries. Considering that the nanocellulose industry is juvenal in Iran, its market and industry is not yet well formed, and studying the factors affecting its supply and demand market is important and is the objective of the current study.

Materials and Methods: Nanocellulose is facing challenges and therefore it is necessary to identify the important criteria and subcriteria affecting its production and consumption sector. To do so, 10 questionnaires were designed, based on the Delphi survey with 6-Likert scale, and were sent in three stages to experts including: university professors, private companies and production & technology knowledge startups to determine the status of nanocellulose production and consumption.

Results: The results obtained showed that in the “raw materials and product” criterion, 11 subcriteria in the first stage, 2 subcriteria of “development of approach” and “access to raw materials inside and outside the province” whose average was < 3 were eliminated in the second stage, 9 subcriteria were remained. In the “economic and sales marketing” criterion among the 13 subcriteria in the first stage, 4 subcriteria “customer satisfaction”, “sales system”, “export opportunities” and “transportation costs” were eliminated with an average of < 3 and 9 subcriteria retained in the second and third stages. In the “competitive and infrastructure” criteria, among the 9 subcriteria, 2 subcriteria “purchasing power of nanocellulose suppliers” and “discount power of nanocellulose suppliers” were removed with an average of < 3 and 7 subcriteria remained in the second and third stages. In the “human technical” criteria, among the 10 subcriteria in the first stage, 3 subcriteria “existence of educational”, “academic-professional pillars” and “living and welfare facilities” were removed with an average of < 3 in the second round and 7 subcriteria were remained. The Cronbach's Alpha reliability of the first stage was 0.825, 0.815 in the second round and 0.845 in the third round.

Conclusion: The indicators effecting the production and consumption of nanocellulose sector were significant in the three stages of the questionnaires completed by experts, while Kendall's correlation coefficients was 0.57 in the second and third stage. This indicates the effectiveness of the factors affecting the production and consumption of nanocellulose and should be considered in the process of production, marketing and supply of nanocellulose products in Iran.

Cite this article: Najafi Moghadam, Ahmadreza, Rafighi, Ali, Yousefi, Hossein. 2022. Identification of indicators effecting the production and consumption of nanocellulose in Iran using Delphi method. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29 (3), 1-13.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2022.20301.1972
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۷۷
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۸۶

شناسایی شاخص‌های مؤثر بر تولید و مصرف نانوسلولز در ایران با استفاده از روش دلفی

احمدرضا نجفی‌مقدم[۱]، علی رفیقی*[۲]، حسین یوسفی[۳]

۱. دانشجوی دکتری گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: ahmadreza.najafimoghadam@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: rafighi@gau.ac.ir

۳. دانشیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hyousefi.ir@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۹

واژه‌های کلیدی:
تولید و مصرف،
روش دلفی،
نانوسلولز

چکیده

سابقه و هدف: نانوسلولزها با توجه به پتانسیل بالقوه در رشد اقتصادی مورد توجه برخی کشورها قرار گرفته است. به‌طورکلی با دو روش بالا به پایین (نانوسلولزگیاهی) و پایین به بالا (نانوسلولز باکتری) تولید می‌شوند. این ماده ارزشمند کاربرد فراوانی در فناوری صنایع مختلف دارد. صنعت نانوسلولز در ایران با توجه به این‌که در مرحله تحقیق و توسعه قرار دارد هنوز بازار و صنعت آن به‌خوبی شکل نگرفته و بررسی عوامل مؤثر بر بازار عرضه و تقاضای آن اهمیت داشته و از اهداف این پژوهش است.

مواد و روش‌ها: نانوسلولز با چالش‌هایی در بخش تولید و مصرف مواجه است که با استفاده از روش دلفی معیارها و زیرمعیارهای بسیار مهم مؤثر در تولید و مصرف آن شناسایی گردید. ۱۰ پرسشنامه بر اساس روش دلفی با طیف لیکرت طراحی شد و به خبرگانی از جمله اساتید متخصص دانشگاهی و شرکت‌های تولیدی و فناوری خصوصی و دانش‌بنیان در سه مرحله (سه راند) ارائه و ارسال شد تا وضعیت تولید و مصرف نانوسلولز و عوامل مؤثر بر آن‌ها با استفاده از روش دلفی بررسی و تحلیل گردد.

یافته‌ها: نتایج حاصله در معیار "مواد اولیه و محصول" از بین ۱۱ زیرمعیار مهم در راند اول ۲ زیرمعیار (توسعه رویکرد – دسترسی به مواد اولیه داخل و خارج استان) که میانگین آن‌ها کم‌تر از ۳ بودند حذف گردیدند و در راند دوم و سوم ۹ زیرمعیار باقی ماند. در معیار "اقتصادی و بازاریابی و فروش" از بین ۱۳ زیرمعیار مهم در راند اول ٤ زیرمعیار (رضایت مشتری – سیستم

فروش – فرصت‌های صادراتی – هزینه حمل‌ونقل) با میانگین کم‌تر از ۳ حذف گردید و در راند دوم و سوم ۹ زیرمعیار باقی ماند. در معیار "رقابتی و زیرساختی" از بین ۹ زیرمعیار مهم در راند اول ۲ زیرمعیار (قدرت خرید عرضه‌کنندگان نانوسلولز – قدرت تخفیف عرضه‌کنندگان نانوسلولز) با میانگین کم‌تر از ۳ حذف و در راند دوم و سوم ۷ زیرمعیار باقی‌ماند. در معیار "فنی انسانی" از بین ۱۰ زیرمعیار مهم در راند اول ۳ زیرمعیار (وجود مراکز آموزشی، دانشگاهی و فنی‌حرفه‌ای – تسهیلات زندگی و رفاهی نیروی انسانی – مدیریت منابع انسانی) با میانگین کم‌تر از ۳ حذف و در راند دوم و سوم ۷ زیرمعیار باقی ماندند. پایایی آلفای کرونباخ راند اول ۰/۸۲۵ و راند دوم ۰/۸۱۵ و راند سوم ۰/۸٤٥ بوده است.

نتیجه‌گیری: شاخص‌های مؤثر بر تولید و مصرف نانوسلولز در سه مرحله پرسشنامه پرشده توسط خبرگان طی تجزیه‌وتحلیل معنادار بوده و هم‌چنین در این پژوهش ضریب هماهنگی کندال در راند دوم و سوم ۰/۵۷ می‌باشد که بیانگر مؤثر بودن این عوامل بر تولید و مصرف نانوسلولز در ایران می‌باشد و در فرایند تولید و بازاریابی و عرضه فراورده‌های نانوسلولزی این عوامل مهم و مؤثر باید مدنظر قرار گیرند.

استناد: نجفی‌مقدم، احمدرضا، رفیقی، علی، یوسفی، حسین (۱۴۰۱). شناسایی شاخص‌های مؤثر بر تولید و مصرف نانوسلولز در ایران با استفاده از روش دلفی. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۲۹ (۳)، ۱۳-۱.
DOI: 10.22069/JWFST.2022.20301.1972

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

واژه نانوسلولز را می‌توان به تمام طیف نانوساختارهای سلولزی اطلاق کرد که از زمان شناسایی مدل‌های مختلف آن، مدت زیادی می‌گذرد. برای مثال، نانوسلولز باکتری در دهه ۱۸۸۰ و نانوکریستال سلولز گیاهی در دهه ۱۹٤۰ و نانوفیبر سلولز گیاهی در دهه ۱۹۸۰ شناسایی و تولید شدند. نانوسلولزها، مبتنی بر مواد زیستی، تجدیدپذیر، تجزیه‌پذیر، غیرسمّی و دارای مواد اولیه ارزان است و از این لحاظ در بین نانومواد بسیار منحصربه‌فرد است. نانوسلولزها بر اساس مکانیسم تولید به دو گروه اصلی نانوسلولزهای گیاهی (روش بالا به پایین) و نانوسلولز باکتری (روش پایین به بالا) تقسیم می‌شوند (۱، ۲). از نظر مرفولوژی نیز نانوسلولزها به سه دسته تقسیم می‌شوند: نانوالیاف سلولزی (CNF)[1]، نانوکریستال میله‌ای سلولز (RCNC)[2] و نانوکریستال کروی سلولز (SCNC)[3]. نانوسلولز از جمله موادی است که قابلیت کاربرد در طیف وسیعی از محصولات را داراست، به‌طوری‌که از صنعت خودروسازی تا صنعت پوشاک و نساجی می‌توانند از مزایای این ماده بهره‌مند گردند. در سال‌های اخیر فناوری نانوسلولز به‌عنوان یک ظرفیت بالقوه در رشد اقتصاد دنیا مورد توجه سرمایه‌گذاران قرار دارد و تجاری شدن آن و محصولات مرتبط، موجب رشد اقتصادی و اشتغال‌زایی پایدار در بخش صنایع می‌شود و ایمنی بالای آن نیز در افزایش سلامت جوامع و محیط‌زیست اثر مستقیم خواهد داشت. البته پژوهش‌های موفق این بازار نیازمند استقبال عمومی و حمایت‌های دولتی در حوزه تحقیق و توسعه، داشتن نقشه راه مشخص، ابداع، همکاری و مشارکت و تجاری‌سازی است. علی‌رغم ویژگی‌های بالقوه و فعالیت‌های تحقیق و توسعه‌ای در زمینه نانوسلولز، هنوز مشکلات قابل‌توجهی برای غلبه بر آن‌ها وجود دارد و تولید نانوسلولز به‌عنوان روشی گران‌قیمت مطرح است که سعی بر آن است تا هزینه تولیدشان به حداقل برسد و از نظر اقتصادی به‌ویژه برای تولید انبوه به‌صرفه باشد (۳).

فناوری نانوسلولز در ایران: فناوری تولید نانوسلولز در برخی کشورها از جمله آمریکا، کانادا، هلند، ژاپن و سوئد در بخش صنعت کاغذ و بسته‌بندی در حال رشد بوده و کارخانه‌های متعدد تولید نانوسلولز در این کشورها تأسیس شده‌اند. ایران در زمره کشورهایی است که در آن پژوهش‌های علمی حوزه نانوسلولز و محصولات آن به تعداد قابل‌توجهی صورت گرفته به‌طوری‌که تأمین ماده اولیه نانوسلولز این پژوهش‌ها، توسط شرکت دانش‌بنیان نانو نوین پلیمر (تأسیس ۱۳۹۰) انجام می‌شود. این شرکت انواع نانوسلولزهای گیاهی و باکتری را در مقیاس کارگاهی و نیمه‌صنعتی تولید کرده و در پژوهش‌های به‌عمل‌آمده محصولات آن به ۱۹ کشور توسعه‌یافته ارسال شده است و حدود ۳۵۰ مقاله ISI چاپ‌شده موجود در منابع اطلاعاتی عنوان داشتند که نانوسلولز مورد نیاز خود را از این شرکت تهیه کرده‌اند. شرکت‌های ایرانی دیگری هم به‌صورت مقطعی و در مقیاس آزمایشگاهی اقدام به تولید نانوسلولز نمودند. هم‌چنین بررسی‌های آماری نشان می‌دهد ایران در زمینه تولید علم نانوسلولز جزو کشورهای پیشرو است. برای مثال، ایران در زمینه تولید علم مرتبط با نانوسلولز باکتری و محصولات آن بعد از چین و امریکا رتبه سوم را به خود اختصاص داده است (٤). ایران برای رسیدن به هدف تولید انبوه نانوسلولز، مستلزم داشتن نقشه راه، مدیریت صحیح کلان، اختصاص بودجه مناسب، تدوین و اجرایی کردن پروژه‌های صنعتی و تجاری و به‌کارگیری متخصصان این صنعت است.

1- Cellulose nanofiber (CNF)
2- Rod-like cellulose nanocrystal (RCNC)
3- Spherical cellulose nanocrystal (SCNC)

روش دلفی: روش دلفی[1] به‌عنوان یکی از روش‌های ساخت‌یافته برای ایجاد وفاق، در دهه ۱۹۵۰ در شرکت «راند» ابداع شد. کاربرد این روش، ساخت دادن به فرآیند ارتباطات گروهی است، به‌نحوی‌که چنین فرآیندی در فراهم کردن زمینه درگیری مجموعه‌ای از افراد به‌عنوان یک کل با مسأله یا موضوعی پیچیده مؤثر باشد، به دنبال دریافت نظرات متخصصان است. ازاین‌رو پیش از آغاز کار باید برحسب موضوع، متخصصان شناسایی گردند. به این افراد، اعضای هیئت‌منصفه دلفی نیز گفته می‌شود. به‌طورکلی انواع روش‌های نمونه‌گیری را می‌توان در دو بخش نمونه‌گیری احتمالی و غیراحتمالی جای داد و در این پژوهش از نمونه‌گیری قضاوتی استفاده شده است. روش مزبور با این هدف طراحی شده که برای حل مسائل پیچیده و مهمی به‌کار می‌روند که پرداختن به آن از توانایی‌های یک نفر فراتر می‌رود. این روش در امور برنامه‌ریزی، مدیریت و مسائل اجرایی نیز کاربرد دارد و رشته‌های متعدد دانش مانند بازرگانی، سیاست، صنایع، پزشکی، برنامه‌ریزی آموزشی و برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای می‌توانند از آن استفاده نمایند (۵).

سوابق تحقیق: مردانی و همکاران (۲۰۲۱) پژوهشی با هدف کاربرد روش دلفی در شناسایی شاخص‌های کیفی مؤثر بر مدل مدیریت ریسک در سازه‌های چوبی در مناطق زلزله‌خیز کشور ایران انجام داده‌اند. روش تحقیق برحسب هدف، بنیادی-کاربردی و برحسب نوع داده، کیفی بوده است. جامعه آماری پژوهش شامل خبرگان دانشگاهی و سازمانی بودند که با استفاده از روش نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند و کفایت داده‌ها و اصل اشباع درمجموع با ٦٠ نفر مصاحبه گردید. برای گردآوری داده‌ها، از مصاحبه نیمه ساختاریافته استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در بخش کیفی، با شیوه دلفی انجام شد و عوامل ریسکی در سازه‌های چوبی به دو دسته ریسک داخلی و خارجی تقسیم‌بندی گردید. نتایج حاصل از یافته‌های این پژوهش نشان داد که از بین ٤٤ ریسک، ٢٦ ریسک اصلی مؤثر بر پیاده‌سازی مدیریت ریسک در کاربرد سازه‌های چوبی مسکونی در مناطق زلزله‌خیز کشور ایران شناسایی شدند (٦).

تاپینین و همکاران (۲۰۱۸) پژوهشی با هدف آینده‌ی ساخت‌وساز ساختمان‌های چندطبقه‌ی چوبی در اقتصاد زیستی جنگل با روش دلفی در سوئد و فنلاند انجام دادند که نتایج حاصل از یک مطالعه دو دوره‌ای به روش دلفی را با تمرکز بر قدرت نسبی و تأثیر متقابل فرض‌شده بین احتمال و مطلوبیت نگرانی‌های زیست‌محیطی را در اجرای ساخت‌وساز چندطبقه‌ای چوبی در فنلاند و سوئد ارائه می‌دهد. با استفاده از تحلیل کیفی مصاحبه‌های متخصصان در دور اول دلفی، به‌نظر می‌رسد که مسائل مربوط به توسعه پایدار اهمیت فزاینده‌ای در بازار داشته باشند. هر چند اعضای هیأت مشاوران متوجه شدند که تأکید بر پایداری عمدتاً ناشی از تغییر مقررات، منعکس‌کننده نیازهای جامعه است و تنها تعداد کمی از متخصصان آن را مستقیماً ناشی از تغییر نیازهای مصرف‌کننده می‌دانستند. در دور دوم روش دلفی که با یک نظرسنجی آنلاین اجرا شد، احتمال و مطلوبیت پایداری به‌عنوان یک اَبَر روند در مسکن، انگیزه بیش‌تری را تا سال ۲۰۳۰، هم در قالب تقاضای مصرف‌کننده برای زندگی باثبات و هم در ساخت‌وساز چوب به‌عنوان یک روش مدرن زندگی به دست آورد. بااین‌حال، پژوهش‌های آینده برای درک بهتر قدرت و دامنه این محرک‌ها مورد نیاز است (۷).

عزیزی و همکاران (۲۰۲۰) در مورد تعیین شاخص‌های تولید پاک‌تر در کارخانه تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) دریافتند که عملیات تولید

1- Delphi method

نقش کلیدی را در کاهش آثار محیط‌زیستی در مراحل مختلف چرخه عمر محصول از استخراج مواد تا تولید، استفاده نهایی، استفاده مجدد و بازیافت دارند؛ بنابراین درک مسئولیت محیطی در زمینه تولید موجب دستیابی به مزیت رقابتی و افزایش سهم بازار محصولات می‌شود. بنابراین رویکردهای مباحثی مختلف از جمله تولید پاک‌تر به‌منظور پیشگیری از آلایندگی صنایع مطرح می‌گردند. ازآن‌جایی‌که صنعت تخته فیبر با دانسیته متوسط از جمله صنایعی است که حجم زیادی از مواد و انرژی را مصرف می‌کند، این پژوهش به‌عنوان یک مدل راهبردی برای افزایش بهره‌وری و به حداقل رساندن آلودگی و مصرف انرژی در چارچوب بهبود مستمر حفاظت از محیط‌زیست در تولید تخته فیبر با دانسیته متوسط در نظر گرفته شده است. بدین‌منظور با به‌کارگیری فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP[1]، یک سلسله با سه سطح، ۵ شاخص (اصلاح محصول، تغییر فرآیند، درخت محصول، بازیافت و سرمایه‌های انسانی) و ٤٥ زیر شاخص در شرکت تخته فیبر دانسیته متوسط کیمیا چوب جهت تولید پاک‌تر ساختاردهی شد. سپس از طریق روش دلفی (پرس‌وجو از افراد متخصص در امر) مقایسات زوجی انجام گرفت. نتایج در ارزیابی کلی نشان داد که شاخص تغییر فرآیند، بالاترین اولویت را در بین شاخص‌ها و برنامه‌ریزی جهت جلوگیری از توقف بی‌مورد دستگاه‌ها و تجهیزات، بالاترین اولویت را در بین همه زیرشاخص‌ها داشته است. نرخ ناسازگاری کلی در این بررسی ۰/۱ است که دلالت بر ثبات نتایج به‌دست‌آمده دارد (۸).

آرین و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود با هدف بررسی چالش‌های موجود در واردات چوب و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی دلفی فازی مطالعات و بررسی داشتند و بر اساس مصاحبه با صاحبان صنایع چوب، چالش‌های موجود در واردات چوب ایران در ۵ گروه اصلی و ۳۵ زیر شاخص مشخص کردند. نتایج نشان داد که در میان معیارهای سطح اصلی، شاخص‌های قانونی، اقتصادی، سیاسی، زیرساخت و مدیریت به ترتیب دارای بالاترین ارزش وزنی می‌باشند. هم‌چنین زیرشاخص مشکلات قانون حفظ نباتات نسبت به سایر زیرشاخص‌ها دارای بالاترین اولویت بوده و بعدازآن زیرشاخص‌های نوسانات نرخ ارز، درآمدهای نفتی، حمایت‌های بانکی و تولید ناخالص ملی به ترتیب بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده‌اند (۹).

در مطالعه صادقی‌فر و همکاران (۲۰۱۱) آمده که در حال حاضر طرح‌هایی وجود دارند که در مراحل اولیه تجاری‌سازی قرارگرفته‌اند. تولید فیلم کامپوزیتی نانوسلولزی با استفاده از ضایعات نیشکر یکی از این معدود پروژه‌های موفق است که محصول نهایی آن، از نظر مکانیکی و فیزیکی نسبت به نمونه‌های مشابه خود بدون حضور نانوسلولز، خواص بسیار عالی دارد و روش تولید آن نیز ساده، سریع و کم‌هزینه است. در حال حاضر برای بهره‌برداری از این طرح، قراردادی با سازمان صنایع کوچک البرز منعقد شده تا این محصول نانوسلولزی در حجم اندک تولید شود. ضایعات نیشکر از جمله پسماندهایی است که در ایران سالانه ٤/۳ میلیون تن تولید می‌شود و دفع آن‌ها نیز برای دولت هزینه در بردارد، ولی با استفاده از این طرح علاوه بر این‌که ارزش افزوده قابل‌توجهی ایجاد می‌شود، از آلودگی محیط‌زیست نیز کاسته می‌شود. یکی دیگر از پروژه‌های کاربردی نانوسلولز که در حال حاضر در مرحله آزمایش‌های نهایی قرار دارد مربوط به حامل‌های دارویی است. در این طرح، با انجام اصلاحات شیمیایی روی سطح نانوذرات، روشی جدید برای تولید نانوذرات سلولزی از الیاف سلولزی ابداع شده است که محصول به‌دست‌آمده از

1- Analytical hierarchical process

آن کاربرد دارویی و ضد باکتری دارد. در حال حاضر این محصول روی بیش از ده نوع باکتری بیماری‌زا آزمایش شده و برای تجاری شدن باید اقدامات ویژه پزشکی و کلینیکی روی آن صورت گیرد. این محصول به‌وسیله یک پژوهشگر ایرانی با کمک دانشگاه کارولینای شمالی آمریکا به‌دست‌آمده است (۱۰).

صرفی و همکاران (۲۰۱۳)، با هدف تحلیل معیارهای مؤثر بر بازارهای محصولات چوبی مهندسی‌شده و بررسی شاخص از دیدگاه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان به‌منظور "بهبود کیفیت محصول و ایجاد رقابت با بازارهای داخلی" پژوهشی داشته که این پژوهش در دو مرحله با استفاده از روش دلفی به کمک کارشناسان انجام گردید. معیارهای این پژوهش به "عوامل کیفی – فنی و بازاریابی" طبقه‌بندی شد و علاوه‌بر آن پرسشنامه‌هایی بین مصرف‌کنندگان توزیع گردید و پاسخ‌ها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و با استفاده از نرم‌افزار اکسپرس چویس مورد ارزیابی و وزن‌دهی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میزان وزن آن‌ها کم‌تر از ۰/۱ بوده که نشان از معناداری نتایج دارد (۱۱).

هدف: هدف این پژوهش شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر تولید و مصرف نانوسلولز در ایران است به‌طوری‌که ضمن حذف عوامل کم‌اهمیت، معیارها و زیرمعیارهای مؤثر جهت بهبود وضعیت عرضه و تقاضای نانوسلولز بررسی و تحلیل‌شده تا در اجرا به‌کار گرفته شود و به تجاری‌سازی این محصول کمک نماید و در فرایند تولید و بازاریابی و عرضه فراورده‌های نانوسلولزی این عوامل مهم و مؤثر مدنظر قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مراحل روش دلفی

۱. تشکیل تیم اجرا و نظارت بر انجام دلفی

۲. گزینش یک یا چند هیأت (پنل) جهت شرکت در فعالیت‌ها. اعضاء این هیأت‌ها معمولاً کارشناسان و خبرگان قلمرو پژوهش هستند.

۳. راه‌اندازی فعالیت‌های تنظیم پرسش‌نامه برای دور اول

٤. بررسی پرسش‌نامه از دید نوشتاری (رفع ابهامات استنباطی و...)

۵. ارسال نخستین پرسش‌نامه به اعضاء هیئت‌ها

٦. واکاوی پاسخ‌های رسیده در دور نخست

۷. آماده کردن پرسش‌نامه دور دوم (با بازنگری‌های مورد نیاز)

۸. ارسال پرسش‌نامه دور دوم برای اعضاء هیأت‌ها

۹. واکاوی پاسخ‌های رسیده در دور دوم (مراحل ۷ الی ۹ تا دستیابی به پایداری در پاسخ‌های دریافتی ادامه می‌یابد)

۱۰. آماده‌سازی گزارش توسط تیم پردازشگر

در این روش بعد از شناسایی معیارهای پژوهش، گروه تصمیم‌گیری متشکل از خبرگان مرتبط با موضوع پژوهش تشکیل گردید که طی پژوهش‌های انجام‌شده تاکنون بازه‌ای بین ۱۰ تا ۲۵ نفر ذکر گردیده و هیچ‌گونه روش نمونه‌گیری ثابت برای تعیین تعداد افراد خبره وجود ندارد، در این پژوهش با توجه به متخصصین فعال در حوزه ۱۰ خبره انتخاب گردید و پرسشنامه‌ها به‌منظور تعیین مرتبط بودن شاخص‌های شناسایی‌شده با موضوع اصلی پژوهش و غربالگری برای آن‌ها ارسال شد که در آن متغیرهای زبانی جدول ۱ که بر اساس طیف لیکرت[1] است، برای بیان اهمیت هر شاخص به‌کار رفته است.

1- Likert scale

جدول ۱- عبارات زبانی و اعداد دلفی.

Table 1. Linguistic expressions and Delphi numbers.

عبارات زبانی Linguistic expressions	اعداد متناظر Corresponding numbers
کاملاً مخالف Completely opposed	1
مخالف Against	2
ممتنع Refrained	3
موافق Agree on	4
کاملاً موافق Completely agree	5

پرسشنامه باز: در این روش با استفاده از مطالعه مقالات و تجربه و دانش شرکت‌ها و متخصصان و اساتید دانشگاه در رشته مرتبط، معیارها و زیرمعیارها شناسایی شدند و با این متد، معیارها و در روش بعدی در سه راند (دور) متوالی برخی از زیرمعیارها حذف گردیدند.

جدول پخش پرسش‌نامه‌های مرحله اول و دوم و سوم (جامعه آماری)

جدول ۲- خبرگان پرسشنامه روش دلفی.

Table 2. Delphi Method questionnaire experts.

مراحل پرسشنامه‌ها levels questionnaires	اساتید مرتبط دانشگاه Related professors university	کارشناس صنعت نانوسلولز Nanocellulose industry expert	مدیران اجرایی تولید نانوسلولز Executives of nanocellulose production	جمع کل Total
مرحله اول Round1	2	3	5	10
مرحله دوم Round2	2	3	5	10
مرحله سوم Round3	2	3	5	10

تأیید و غربالگری شاخص‌ها: این کار از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه $\tilde{S}$ صورت می‌پذیرد. مقدار آستانه با استنباط ذهنی تصمیم‌گیرنده معین می‌شود و مستقیم بر روی تعداد عواملی که غربال می‌شوند تأثیر خواهد داشت، در این پژوهش مقدار آستانه عدد ۳ در نظر گرفته شده است (۱۲). آن‌چه میانگین امتیازات هر شاخص از عدد ۳ کم‌تر باشد آن شاخص حذف می‌شود. ابتدا

موضوع و ابعاد آن تعریف شد آن‌گاه بر این اساس ابتدا شناسایی عوامل صورت گرفته سپس این عوامل در اختیار ۱۰ نفر از پاسخ‌دهندگان قرار داده شد. در تمامی مراحل میزان اهمیت عوامل در قالب طیف لیکرت و شامل گزینه‌های (خیلی کم: ۱)، (کم: ۲)، (متوسط: ۳)، (زیاد: ٤) و (خیلی زیاد: ٥) صورت گرفت. در هر دور نیز در مقابل هر عامل، میانگین پاسخ‌های اعضای پانل در دورهای پیش به آگاهی پاسخگویان می‌رسید.

در این پژوهش برای تعیین مقیاس اتفاق‌نظر میان اعضای پانل، از ضریب هماهنگی کندال[1] استفاده شد. ضریب هماهنگی کندال مقیاسی است که برای تعیین درجه هماهنگی و موافقت میان چندین دسته یا رتبه مربوط به N شیء یا فرد استفاده می‌شود. این ضریب نشان می‌دهد که افرادی که چند مقوله را بر اساس اهمیت هر یک از مقوله‌ها به‌کار برده‌اند با یکدیگر اتفاق‌نظر دارند یا خیر که از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$W = \frac{s}{\frac{1}{12}k^2(N^3-N)} \qquad (۱)$$

که در این رابطه، حاصل جمع مربعات انحراف Rj ها از میانگین Rj ها $s = \sum(R_j - \frac{\sum R_j}{N})^2$، R_j مجموع رتبه‌های مربوط به یک عامل، K تعداد مجموعه‌های رتبه‌ها (تعداد داوران)، N تعداد عوامل رتبه‌بندی شده، $\frac{1}{12}k^2(N^3-N)$ حداکثر حاصل جمع مربعات انحراف از میانگین Rjها.

مقدار این مقیاس هنگام هماهنگی کامل یا موافقت کامل برابر با یک و در زمان نبود کامل هماهنگی برابر با صفر است. برای تصمیم‌گیری درباره توقف یا ادامه دورهای دلفی دو معیار آماری ارائه می‌شود. اولین معیار، اتفاق‌نظری قوی میان اعضای پانل است که براساس ضریب هماهنگی کندال تعیین می‌شود. در صورت نبودن چنین اتفاق‌نظری، ثابت ماندن این ضریب یا رشد ناچیز آن در دو دور متوالی نشان می‌دهد که افزایشی در توافق اعضا صورت نگرفته است و فرایند نظرخواهی باید متوقف شود. شایان‌ذکر است که معناداری آماری ضریب کندال برای متوقف کردن فرایند دلفی کفایت نمی‌کند. برای پانل‌های با تعداد بیش‌تر از ۱۰ عضو حتی مقادیر بسیار کوچک کندال نیز معنادار به‌حساب می‌آیند (۱۳).

نتایج و بحث

نتایج دور اول دلفی: در گام اول که ابتدا پرسشنامه‌ای شامل عوامل مؤثر بر وضعیت عرضه و تقاضای نانوسلولز در ایران طراحی شده و در اختیار ۱۰ خبره قرار گرفت بر اساس طیف ٥تایی لیکرت به هر شاخص امتیاز داده شد به‌طوری‌که پایایی آلفا کرونباخ پرسشنامه در مرحله اول برابر با ۰/۸۲۵ شده است و چون بالاتر از ۰/۷ می‌باشد موردقبول است. نتایج دور اول دلفی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج دور اول دلفی.

Table 3. Results of the first round of Delphi.

کم‌ترین امتیاز Minimum	بیش‌ترین امتیاز Maximum	میانگین Mean	آلفا کرونباخ Cronbach's alpha	ضریب هماهنگی کندال Kendalls W test
1.200	4.900	3.528	0.825	عدم درج به دلیل حذف معیار و زیر معیار

1- Kendall's coefficient of concordance

نتایج دور دوم دلفی: در دور دوم دلفی ابتدا عواملی که میانگین کم‌تر از ۳ در مرحله اول دلفی کسب کرده‌اند حذف شدند و نتایج نشان داد که ۱۱ عامل دارای میانگین کم‌تر از ۳ هستند و بنابراین حذف گردیدند. در دور دوم دلفی، عوامل تأیید شده مرحله اول به همراه عواملی که از نظر خبرگان استخراج شده است دوباره طی پرسشنامه‌ای در اختیار خبرگان قرار داده شد تا همانند مرحله اول به هر شاخص امتیاز دهند. هم‌چنین در این دور، میانگین امتیازات دور اول دلفی نیز قرار داده شد تا افراد بر اساس میانگین کل تصمیم‌گیری کنند. در این دور بسیاری از خبرگان نظرات خود در مرحله اول را به دلیل منطقی بودن پاسخ‌ها در مرحله اول تأیید کردند و تغییرات جدیدی در پرسشنامه مرحله دوم رؤیت نگردید.

نتایج دور دوم دلفی در جدول ٤ آورده شده است. پایایی آلفا کرونباخ راند دوم ۰/۸۱۵ و ضریب هماهنگی کندال در دور دوم ۰/۵۷ است. اگرچه براساس پژوهش مشایخی و همکاران (۲۰۰۵) ضریب هماهنگی کندال در این پژوهش نیز معنادار است (۱۳) ولی شرط توقف راند دلفی نیست و باید بررسی شود که در دور بعدی دلفی، آیا این ضریب پیشرفت قابل‌توجهی خواهد داشت یا خیر.

جدول ٤- نتایج دور دوم دلفی.

Table 4. Results of the second round of Delphi.

کم‌ترین امتیاز Minimum	بیش‌ترین امتیاز Maximum	میانگین Mean	آلفا کرونباخ Cronbach's Alpha	ضریب هماهنگی کندال Kendalls W test
3.600	4.500	3.693	0.815	0.57

نتایج دور سوم دلفی: در دور سوم دلفی نیز به طریق مشابه پرسشنامه مرحله دوم دوباره در اختیار افراد خبره قرار داده شد تا همانند مرحله اول به هر شاخص امتیاز دهند. هم‌چنین در این دور، میانگین امتیازات دور دوم دلفی نیز قرار داده شد تا افراد براساس میانگین کل تصمیم‌گیری کنند. در این راند نیز بیش‌تر خبرگان همان نظرات مرحله دوم را تأیید کردند و از ارائه نظر جدید خودداری نمودند. نتایج دور سوم دلفی در جدول ۵ آورده شده است. در راند سوم دلفی نیز پایایی آلفا کرونباخ و ضریب هماهنگی کندال به ترتیب برابر با ۰/۸٤۵ و ۰/۵۷ می‌باشد.

جدول ۵- نتایج دور سوم دلفی.

Table 5. Results of the third round of Delphi.

کم‌ترین امتیاز Minimum	بیش‌ترین امتیاز Maximum	میانگین Mean	آلفا کرونباخ Cronbach's Alpha	ضریب هماهنگی کندال Kendalls W test
3.400	4.400	4.003	0.845	0.57

نتایج دورهای سه‌گانه اجرای روش دلفی در پژوهش نشان می‌دهد که به دلایل زیر اتفاق‌نظر میان افراد حاصل شده است و می‌توان به تکرار دورها پایان داد:

- در دور سوم دلفی، در تمامی شاخص‌ها حداقل ۹۰ درصد پاسخ‌دهندگان، شاخص‌ها را دارای امتیاز موافقم و خیلی موافقم دانسته‌اند (میانگینی بالاتر از ۳ داشته‌اند).

- انحراف معیار پاسخ‌های افراد درباره میزان اهمیت عوامل در دور سوم نسبت به دورهای قبلی کاهش چشم‌گیری داشته است.
- ضریب هماهنگی کندال برای پاسخ‌های اعضا در دور سوم برابر با ۰/۵۷ است. با توجه به این‌که تعداد پاسخ‌دهندگان ۱۰ نفر بود مطابق پژوهش مشایخی و همکاران (۲۰۰۵) این میزان از ضریب کندال کاملاً معنادار به‌حساب می‌آید (۱۳).
- تفاوت ضریب هماهنگی کندال در دور سوم و دور دوم هیچ‌گونه کاهشی نداشته است. این ضریب یا میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پانل در میان دو دور متوالی، رشد قابل‌توجهی را نشان نمی‌دهد که بیانگر مؤثر بودن این عوامل بر وضعیت تولید و مصرف نانوسلولز در ایران می‌باشد.

نتایج حاصله بیانگر این است که در معیار (مواد اولیه و محصول) از بین ۱۱ زیرمعیار مهم در راند اول ۲ زیر معیار با میانگین کم‌تر از ۳ حذف گردید و در راند دوم و سوم ۹ زیرمعیار باقی ماند. در معیار (اقتصادی و بازاریابی فروش) از بین ۱۳ زیرمعیار مهم در راند اول ٤ زیرمعیار با میانگین کم‌تر از ۳ حذف گردید و در راند دوم و سوم ۹ زیرمعیار باقی ماند. در معیار (رقابتی و زیرساختی) از بین ۹ زیرمعیار مهم در راند اول ۲ زیرمعیار با میانگین کم‌تر از ۳ حذف و در راند دوم و سوم ۷ زیرمعیار باقی ماند و در معیار (فنی انسانی) نیز از بین ۱۰ زیرمعیار مهم در راند اول ۳ زیرمعیار با میانگین کم‌تر از ۳ حذف و در راند دوم و سوم ۷ زیرمعیار باقی ماندند. بدین‌ترتیب پایایی راند اول ۰/۸۲۵ و راند دوم ۰/۸۱۵ و راند سوم ۰/۸٤٥ می‌باشد که نشان از معناداری آن‌ها دارد.

نتیجه‌گیری کلی

در این مقاله با روش دلفی و بهره‌گیری از دیدگاه خبرگان منتخب در زمینه نانوسلولز با استفاده از پرسشنامه با طیف لیکرت به بررسی عوامل مؤثر بر تولید و مصرف نانوسلولز پرداخته شد. درنهایت در معیارهای "مواد اولیه و محصول، اقتصادی و بازاریابی و فروش، رقابتی و زیرساختی، فنی انسانی" که دارای ٤۳ زیرمعیار در راند اول بوده‌اند. در معیار "مواد اولیه و محصول" از بین ۱۱ زیرمعیار مهم در راند اول ۲ زیر معیار توسعه رویکرد و دسترسی به مواد اولیه داخل و خارج استان که میانگین آن‌ها کم‌تر از ۳ بودند حذف گردیدند و در راند دوم و سوم ۹ زیرمعیار باقی ماند و در معیار "اقتصادی و بازاریابی و فروش" از بین ۱۳ زیرمعیار مهم در راند اول ٤ زیرمعیار رضایت مشتری و سیستم فروش و فرصت‌های صادراتی و هزینه حمل‌ونقل با میانگین کم‌تر از ۳ حذف گردید و در راند دوم و سوم ۹ زیرمعیار باقی ماند. درحالی‌که در معیار "رقابتی و زیرساختی" از بین ۹ زیرمعیار مهم در راند اول ۲ زیرمعیار قدرت خرید عرضه‌کنندگان نانوسلولز و قدرت تخفیف عرضه‌کنندگان نانوسلولز با میانگین کم‌تر از ۳ حذف و در راند دوم و سوم ۷ زیرمعیار باقی ماند و نیز در معیار "فنی انسانی" از بین ۱۰ زیرمعیار مهم در راند اول ۳ زیرمعیار وجود مراکز آموزشی، دانشگاهی و فنی حرفه‌ای و تسهیلات زندگی و رفاهی نیروی انسانی و مدیریت منابع انسانی) با میانگین کم‌تر از ۳ حذف و در راند دوم و سوم ۷ زیرمعیار باقی ماند. نهایتاً در راند دوم و سوم ۳۲ زیر معیار به‌عنوان اثرگذارترین عوامل بر تولید و مصرف نانوسلولز شناسایی شدند و ضریب هماهنگی کندال نیز در راند دوم و سوم ۰/۵۷ بوده است و با توجه به این‌که تعداد خبرگان در روش دلفی ۱۰ نفر بود کاملاً معنادار می‌باشد که بیانگر مؤثر بودن این عوامل بر وضعیت تولید و مصرف نانوسلولز در ایران می‌باشد و در صورت توجه به هریک از این عوامل در فرایند تولید و بازاریابی و فروش فراورده‌های نانوسلولزی در ایران می‌توان بر مشکلات و

چالش‌های تولید و مصرف آن فائق آمد و ضمن کمک قابل‌توجه در امر تولید صنعتی و تجاری‌سازی محصول، میزان عرضه و تقاضای نانوسلولز را افزایش داد تا کشور ما در این رقابت جهانی رتبه درخور و قابل قبولی را کسب نماید.

منابع

1. Brown, A.J. 1886. XLIII. On an acetic ferment which forms cellulose. J. of the Chemical Society, Transactions. 49: 432-439.
2. Ranby, B.G. 1949. Aqueous colloidal solutions of cellulose micelles. Acta Chemica Scandinavica. 3: 5. 649-650.
3. Choi, H.C., and Turk, E.S. 2011. Sustainability indicators for managing community tourism. In Quality-of-life community indicators for parks, recreation and tourism management. pp. 115-140.
4. Ho, Y.S., Halim, A.F., and Islam, M.T. 2021. The trend of bacterial nanocellulose research published in the science citation index expanded from 2005 to 2020: A bibliometric analysis. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 9: 795341.
5. Fazlolah, A., Nasiriani, Kh., and Abazari, P. 2008. Delphi technique a tool for research. Iranian J. of Education in Medical Sciences. 8: 1. 175-185. (In Persian)
6. Mardani, B., Jahan Latibari, A., and Tajdini, A. 2021. Application of Delphi method in identification of influential factors on risk management model for wooden structures. Iranian J. of Wood and Paper Science Research. 36: 3. 194-204. (In Persian)
7. Toppinen, A.M.K., Röhr, R.E.A., Pätäri, S., Lähtinen, K.P., and Toivonen, R.M. 2018. The future of wooden multistory construction in the forest bioeconomy – a Delphi study from Finland and Sweden. J. of Forest Economics. 31: 3-10.
8. Azizi, M., Hassanikhorshidi, F., Faezipoor, M., and Zareh Hosein Abadi, H. 2020. Identification of cleaner production criteria at kimia choob medium density fiber board. Iranian J. of Wood and Paper Industries. 11: 2. 225-240. (In Persian)
9. Arian, A., Faezipoor, M., Azizi, M., Vlosky, R., and Leavengood, S. 2017. Evaluation of challenges of wood imports to Iran using fussy Delphi analytical hierarchy process. Iranian J. of Wood and Paper Industries. 8: 2. 15-169. (In Persian)
10. Sadeghifar, H., Dimitersis, A., and Giladi, M. 2011. Manufacture of nanocellulose drug carriers by Iranian and American researchers. Biomacromolecular J. 12: 3528-3539.
11. Sarfi, F., Azizi, M., and Arian, A. 2013. A multiple criteria analysis of factors affecting markets of engineered wood products with respect to customer preferences: a Case study of particleboard and MDF. Forest Science and Practice. 15: 61-69. (In Persian)
12. Rasouli, R., Moghali, A., and Rashidi, M. 2004. Designing a model for organizational sustainability strengthening of knowledge workers: using Delphi technique. Quarterly J. of Career & Organizational Counseling. 6: 21. 66-94. (In Persian)
13. Mashayekhi, A.N., Farhangi, A.A., Momeni, M., and Alidoosti, S. 2005. Investigating key factors affecting the application of information technology in Iranian government organizations: Application of Delphi method. Management Research in Iran. pp. 191-232. (In Persian)