Journal of Payavard Salamat
Vol. 20, No. 3; Aug. 2026: 1-17
Original Article

# Analyzing Experts' Views on Research Priorities Related to Tissue Engineering Sciences: Fuzzy Delphi Method

**Farzaneh Ghanadinezhad[1] (Ph.D.), Ghasem Azadi Ahmadabadi[2*] (Ph.D.)**

1 Ph.D. in Knowledge and Information Science, Office of the Vice President for Research and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran
2 Assistant Professor, Policy Evaluation and Monitoring of Science, Technology, and Innovation Department, National Research Institute for Science Policy (NRISP), Tehran, Iran

## Abstract

**Background and Aim:** Given the importance of problem identification and topic selection in medical research, the present study identified the Research priorities of tissue engineering by analyzing experts' opinions in this field.

**Materials and Methods:** This study was applied in terms of purpose and was conducted using a descriptive-analytical method with a literature analysis approach and expert opinions. First, the primary thematic axes were extracted and organized in a questionnaire by reviewing relevant study histories and findings from scientometrics and text mining analyses of tissue engineering studies. Then, the list of identified research areas was screened and approved by experts using the fuzzy Delphi technique. In this regard, 17 experts in fields related to tissue engineering participated in this study using a purposive sampling method and expressed their opinions and views. Consensus among experts was achieved in two stages.

**Results:** According to the survey results, 74 identified topics categorized into five primary domains: 1) cellular research, 2) biomaterials and scaffolds, 3) tissue and organ repair and regeneration, 4) preclinical studies and product development, and 5) technological studies and development in tissue engineering—were validated by field experts as the core thematic areas of tissue engineering. The findings revealed that topics related to biomaterials, scaffolds, and technological advancement held greater significance compared to the other domains. Within each domain, the top-ranked topics were: mesenchymal stem cells in cellular research (mean=0.824); the development of novel controlled drug delivery systems and approaches within scaffolds in biomaterials and scaffolds (mean=0.828); skin tissue engineering, encompassing burn repair and the treatment of acute and chronic wounds, in tissue and organ regeneration (mean=0.863); challenges in large-scale mass manufacturing of tissue-engineered products while maintaining quality and consistency in preclinical studies (mean=0.833); and fostering interdisciplinary communication in technological studies and development (mean=0.868).

**Conclusion:** Focusing on priorities and need-based topics can increase the impact of tissue engineering research, and ultimately, their practical results can be used to develop diagnostic and treatment strategies, improve healthcare, and develop new techniques for tissue and organ regeneration.

**Keywords:** Research Needs, Thematic Priorities, Tissue Engineering, Fuzzy Delphi

**Received: 21 May. 2025**
**Accepted: 19 Jul. 2026**

*** Corresponding Author:**
**Azadi Ahmadabadi Gh**
**Email:**
**Azadi@nrisp.ac.ir**



Copyright © 2026 the Authors. Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).
Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

مجله پیاورد سلامت
دوره ۲۰، شماره ۳؛ مرداد ۱۴۰۵؛ ۱۷-۱
مقاله پژوهشی

# تحلیل دیدگاه‌های متخصصان درباره‌ی اولویت‌های پژوهشی مرتبط با علوم مهندسی‌بافت: روش دلفی فازی

فرزانه قنادی‌نژاد[۱]، قاسم آزادی‌احمدآبادی[۲*]

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۲/۳۱
پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۴/۲۸

* نویسنده مسئول:
قاسم آزادی‌احمدآبادی؛
مؤسسه تحقیقات سیاست علمی کشور

Email:
Azadi@nrisp.ac.ir

## چکیده

**زمینه و هدف:** با توجه به اهمیت مسئله‌یابی و انتخاب موضوع در پژوهش‌های پزشکی، مطالعه‌ی حاضر به شناسایی اولویت‌های پژوهشی مهندسی‌بافت به واسطه‌ی تحلیل نظرات متخصصان این حوزه پرداخت.

**روش بررسی:** این پژوهش از نظر هدف، کاربردی بوده و به روش توصیفی- تحلیلی با رویکرد تحلیل متون و نظرات خبرگان انجام شده است. ابتدا محورهای موضوعی اولیه به واسطه‌ی مرور پیشینه‌های مطالعاتی مرتبط و یافته‌های حاصل از تحلیل‌های علم‌سنجی و متن‌کاوی مطالعات مهندسی‌بافت، استخراج و در قالب پرسش‌نامه تنظیم شدند. سپس لیست حوزه‌های پژوهشی شناسایی شده با استفاده از تکنیک دلفی فازی توسط متخصصان غربالگری و تأیید شدند. در این راستا، تعداد ۱۷ نفر از متخصصان در زمینه‌های مرتبط با مهندسی‌بافت، با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند در این پژوهش مشارکت و آرا و نظرات خود را بیان کردند. اجماع میان متخصصان طی دو مرحله حاصل شد.

**یافته‌ها:** طبق نتایج نظرسنجی، ۷۴ موضوع شناسایی شده در پنج محور اصلی(۱- پژوهش‌های سلولی، ۲- مواد زیستی و داربست‌ها، ۳- ترمیم و بازسازی انواع بافت‌ها و اندام‌ها، ٤- مطالعات پیش‌بالینی و توسعه‌ی محصولات مهندسی‌بافت و ۵- مطالعات فناوری و توسعه‌ی مهندسی‌بافت) به‌عنوان حوزه‌های موضوعی اصلی مهندسی‌بافت توسط متخصصان این حوزه تأیید شدند. نتایج، بیانگر آن است که به ترتیب، موضوعات مربوط به مواد زیستی، داربست‌ها و فناوری، توسعه‌ی مهندسی‌بافت، اهمیت بالاتری نسبت به سایر محورها داشته‌اند. در محور پژوهش‌های سلولی، موضوع سلول‌های بنیادی مزانشیمی(با میانگین ۰/۸۲٤)؛ در محور مطالعات داربست‌ها، توسعه‌ی سیستم‌ها و رویکردهای نوین رهایش کنترل شده‌ی دارو در داربست‌ها(با میانگین ۰/۸۲۸)؛ در محور بازسازی انواع بافت‌ها و اندام‌ها، موضوع مهندسی‌بافت پوست شامل ترمیم و درمان سوختگی‌ها و انواع زخم‌های حاد و مزمن(با میانگین ۰/۸٦۳)؛ در محور مطالعات پیش‌بالینی، موضوع چالش‌های تولید انبوه محصولات مهندسی‌بافت در مقیاس بزرگ با حفظ کیفیت و ثبات(با میانگین ۰/۸۳۳)؛ و در محور مطالعات فناوری و توسعه‌ی مهندسی‌بافت، موضوع توسعه‌ی ارتباطات میان‌رشته‌ای(با میانگین ۰/۸٦۸) دارای اهمیت بالاتری نسبت به سایر موضوعات بودند.

**نتیجه‌گیری:** تمرکز بر اولویت‌ها و موضوعات نیازمحور می‌تواند تأثیرگذاری پژوهش‌های حوزه‌ی مهندسی‌بافت را افزایش دهد و درنهایت از نتایج کاربردی آن‌ها در راستای توسعه‌ی استراتژی‌های تشخیص و درمان، بهبود مراقبت‌های بهداشتی و گسترش تکنیک‌های جدید برای بازسازی بافت‌ها و اندام‌ها استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی:** نیازهای پژوهشی، اولویت‌های موضوعی، مهندسی‌بافت، دلفی فازی

۱ دکتری علم اطلاعات و دانش‌شناسی، معاونت پژوهش و فناوری، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲ استادیار گروه پژوهشی ارزیابی سیاست‌ها و پایش علم، فناوری و نوآوری، مؤسسه تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران

[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

## مقدمه

پژوهش‌های علمی، به‌عنوان یک محرک و سرمایه برای پیشرفت دانش، نوآوری، فناوری و توسعه در ابعاد مختلف شامل توسعه اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی محسوب می‌شوند(۱) و به‌طور کلی روند توسعه پایدار را تسهیل می‌کنند. این سرمایه‌گذاری در زمینه‌های مختلف ازجمله پزشکی به‌منظور کمک به بهبود تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها، تخصیص بهینه‌ی منابع و استفاده از نتایج آن در جهت بهبود مراقبت‌های بهداشتی و ارتقای سطح سلامت جامعه صورت می‌گیرد. نتایج پژوهش‌های مسئله‌محور و نیازمحور در حوزه‌ی پزشکی می‌تواند به توسعه‌ی اقدامات پیشگیرانه، گسترش پروتکل‌های درمانی و کشف ابزارهای تشخیصی جدید کمک کنند. با این‌حال، برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان این حوزه، اثربخشی پژوهش‌ها و کاربردی بودن نتایج و دستاوردهای آن‌ها، همواره به‌عنوان یک مسئله مطرح است(۳و۲).

با وجود این‌که در چند دهه‌ی اخیر، افزایش قابل ملاحظه‌ای در شمار انتشارات علمی ایران به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند مهندسی، پزشکی و علوم بنیادی دیده می‌شود، در رابطه با کیفیت، نوآوری و کاربردی بودن این انتشارات چالش‌هایی وجود دارد(٤)؛ مسایلی مانند تکرار یا هم‌پوشانی میان یافته‌های پژوهشی و عدم‌تناسب مطالعات انجام شده با نیازهای جامعه که به‌هدر رفتن منابع و به‌طور بالقوه، کند شدن سرعت پیشرفت علمی منجر می‌شود(۵). از این‌رو، به نظر می‌رسد که حیطه‌ی پژوهش در ایران در حوزه‌های مختلف ازجمله پزشکی با محدودیت‌هایی مواجه بوده است.

وجود کاستی‌های مختلف در برون‌داده‌ای علمی می‌تواند ناشی از ناتوانی پژوهشگران در مسئله‌یابی و به‌تبع آن، یافتن موضوعات نیازمحور و کاربردی برای پژوهش‌ها باشد. درواقع، یکی از علل انجام پژوهش‌های سطحی و تکراری در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، دشواری فرایند مسئله‌یابی و انتخاب موضوعات مسئله‌محور بوده که پژوهشگران همواره در طول انجام پژوهش با آن مواجه هستند. ماهیت میان‌رشته‌ای برخی از حوزه‌های پزشکی به‌ویژه مهندسی‌بافت(٦) و محدودیت منابع اختصاص یافته به پژوهش‌ها(۵)، دشواری انتخاب موضوعات مسئله‌محور و کاربردی برای پژوهش‌ها را دو چندان می‌کند.

ریشه‌ی برخی از آسیب‌های پژوهش‌ها و مشکلات مربوط به مسئله‌یابی و انتخاب موضوع در حوزه‌های مختلف از جمله پزشکی می‌تواند ناشی از نامشخص بودن زمینه‌های مطالعاتی و کم‌توجهی به شناسایی اولویت‌های موضوعی برای پژوهش‌ها در این حوزه باشد. بنابراین، با توجه به این‌که بودجه اختصاص یافته به بخش پژوهش در کشور ایران اندک بوده و از همین میزان هم به‌صورت بهینه استفاده نمی‌شود و همچنین به دلیل محدودیت منابع در بخش پژوهش(۷)، شناسایی نیازهای مطالعاتی حوزه پزشکی و به‌طور ویژه مهندسی‌بافت، یک امر کلیدی در فرایند تولید علم است. در راستای شناسایی نیازهای پژوهشی و اولویت‌بندی موضوعات در حوزه‌ی بهداشت و سلامت در طول زمان، طیف مختلف و متنوعی از رویکردها و روش‌ها شامل فن دلفی، برگزاری جلسات، مصاحبه‌ها، گروه‌های کانونی و روش‌های ترکیبی توسط پژوهشگران مختلف به‌کار گرفته شده و به علاوه، طی سال‌های اخیر استفاده از انواع روش‌های مروری به‌ویژه، مرور نظام‌مند و مرور دامنه‌ای در این راستا متداول‌تر شده است(۱۱-۸). در مطالعه‌ی حاضر، به‌منظور شناسایی اولویت‌های پژوهشی مهندسی‌بافت، دیدگاه‌های متخصصان این حوزه‌ی با استفاده از فن دلفی فازی تحلیل شده است. تمرکز بر اولویت‌ها و موضوعات نیازمحور می‌تواند تأثیرگذاری پژوهش‌های حوزه مهندسی‌بافت را افزایش دهد و درنهایت از نتایج کاربردی آن‌ها در راستای توسعه‌ی استراتژی‌های تشخیص و درمان، بهبود مراقبت‌های بهداشتی و گسترش تکنیک‌های جدید برای بازسازی بافت‌ها و اندام‌ها استفاده شود.

## روش بررسی

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی بوده و از رویکرد دلفی فازی برای تأیید نظرات متخصصان استفاده شده است. در خصوص شناسایی اولویت‌های پژوهشی حوزه‌های نوظهور و پیچیده مانند مهندسی‌بافت که داده‌ها یا شواهد تجربی ممکن است در مورد آن‌ها پراکنده و مبهم باشند، به‌کارگیری روش دلفی می‌تواند سودمند باشد. به‌علاوه، مهندسی‌بافت، یک حوزه‌ی میان‌رشته‌ای بوده و لازم است تا دیدگاه‌های متخصصان حوزه‌های مختلف در آن با هم هماهنگ شود. بنابراین، استفاده از روش دلفی که چندین مرحله نظرسنجی را برای دستیابی به اجماع دیدگاه‌های متخصصان در مورد مسایل پیچیده و چندوجهی مانند مهندسی‌بافت به‌کار می‌گیرد، می‌تواند برای دستیابی به فهرست نهایی اولویت‌های پژوهشی در این حوزه مؤثر باشد. فرایند اجرای دلفی فازی در مطالعه‌ی حاضر به شرح زیر است:

ابتدا بر اساس نتایج حاصل از تحلیل روند موضوعی مطالعات مهندسی‌بافت با استفاده از رویکردهای علم‌سنجی و متن‌کاوی و بررسی یافته‌های پیشینه‌های



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

پژوهشی مرتبط، لیستی از مهم‌ترین محورهای پژوهشی مهندسی‌بافت تهیه و در قالب پرسش‌نامه تدوین شد. پرسش‌نامه‌ی طراحی شده شامل ۳ بخش بود: بخش نخست، مشتمل بر اطلاعات جمعیت‌شناختی شامل جنسیت، محل خدمت، مرتبه علمی، رشته و سوابق پژوهشی و حوزه‌های کاری مرتبط با مهندسی‌بافت بود. بخش دوم که حاوی محورهای پژوهشی مهندسی‌بافت بود، این امکان را برای متخصصان فراهم آورد تا نظرات خود را درباره میزان اهمیت موضوعات در طیف لیکرت پنج ارزشی قرار دهند. درجات اهمیت مورد پرسش شامل بسیار کم(با ارزش عددی ۱)، کم(با ارزش عددی ۲)، متوسط(با ارزش عددی ۳)، زیاد(با ارزش عددی ٤) و بسیار زیاد(با ارزش عددی ۵) بود. بخش پایانی پرسش‌نامه نیز شامل یک پرسش باز بود که به اظهار نظر جامعه‌ی پاسخ‌دهنده در خصوص جامعیت موضوعات مهندسی‌بافت و ارایه پیشنهادهای احتمالی در خصوص معرفی محورهایی که در پرسش‌نامه به آن‌ها اشاره نشده، اختصاص یافته بود.

در مرحله‌ی بعد، شرکت‌کنندگان در این مطالعه انتخاب شدند. همان‌طورکه در منابع مختلف اشاره شده در مطالعات دلفی افرادی شرکت داده می‌شوند که درباره‌ی موضوع مطالعه، صاحب دانش هستند و از آن‌ها با عنوان پانل افراد آگاه یا متخصصان یاد می‌شود(۱۲). برخلاف روش‌های پژوهش پایشی، اعتبار روش دلفی به تعداد شرکت‌کنندگان در پژوهش بستگی ندارد، بلکه وابسته به اعتبار علمی متخصصان شرکت کننده در پژوهش است(۱٤و۱۳). بر اساس منابع مختلف، مشارکت ٦ تا ۲۰ متخصص یا خبره در مطالعات دلفی کفایت می‌کند(۲۰-۱۵). در این راستا، در مطالعه‌ی حاضر از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد. در پژوهش حاضر برای انتخاب خبرگان و متخصصان، معیارهای زیر در نظر گرفته شد:

- دانش و تجربه در موضوع(داشتن مدرک دکتری در حوزه‌های مهندسی‌بافت و حوزه‌های مرتبط با آن مانند زیست فناوری، مهندسی پزشکی، مهندسی مواد و نانوتکنولوژی و حداقل ۵ سال تجربه‌ی کار پژوهشی یا اجرایی در زمینه‌ی مهندسی‌بافت در دانشگاه‌ها یا مراکز پژوهشی در ایران)؛
- تمایل و زمان کافی برای همکاری در تکمیل پرسش‌نامه‌ها و اظهارنظر در این خصوص.

فرایند ارسال پرسش‌نامه برای متخصصان حوزه‌ی مهندسی‌بافت، به‌صورت الکترونیکی صورت گرفت. در نهایت، تعداد ۱۷ متخصص در این پژوهش مشارکت و آرا و نظرات خود را بیان کردند(جدول ۱). پرسش‌نامه‌ی مرحله اول و دوم دلفی به‌صورت آنلاین(ابزار پرس لاین) طراحی و به ایمیل خبرگان ارسال شد(۱۷ متخصص) و پس از جمع‌آوری و تحلیل پاسخ‌ها، نسخه‌ی اصلاح‌شده‌ی پرسش‌نامه با فاصله زمانی ۱٦ روز، برای مرحله دوم در اختیار همان خبرگان قرار گرفت. مدت زمان پاسخ‌گویی در هر مرحله، ۱۲ روز در نظر گرفته شد. طبق توافق اولیه با خبرگان، از ۱۷ نفر شرکت‌کنندگان مرحله اول، همان ۱۷ نفر در مرحله دوم نیز مشارکت کردند؛ بنابراین نرخ بازگشت پرسش‌نامه در مرحله دوم ۱۰۰ درصد بود.

**جدول ۱: اطلاعات جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان**

| جنسیت | فراوانی | درصد | مرتبه‌ی علمی | فراوانی | درصد |
|---|---|---|---|---|---|
| زن | ٦ | ۳۵/۲۹ | استادیار | ۵ | ۲۹/٤۱ |
| مرد | ۱۱ | ٦٤/۷۰ | دانشیار | ٦ | ۳۵/۲۹ |
| | | | استاد | ٦ | ۳۵/۲۹ |
| **مؤسسه/ دانشگاه** | **فراوانی** | **درصد** | **مؤسسه/ دانشگاه** | **فراوانی** | **درصد** |
| علوم پزشکی ایران | ۱ | ۵/۸۸ | علوم پزشکی اصفهان | ۲ | ۱۱/۷٦ |
| علوم پزشکی تهران | ۲ | ۱۱/۷٦ | مرکز تحقیقات فناوری بن یاخته | ۱ | ۵/۸۸ |
| علوم پزشکی مشهد | ۱ | ۵/۸۸ | علوم پزشکی شهید صدوقی یزد | ۱ | ۵/۸۸ |
| صنعتی تبریز | ۱ | ۵/۸۸ | صنعتی امیرکبیر | ۲ | ۱۱/۷٦ |
| تربیت مدرس | ۳ | ۱۷/٦٤ | دانشگاه سمنان | ۱ | ۵/۸۸ |
| انستیتو پاستور ایران | ۱ | ۵/۸۸ | علوم پزشکی بقیه الله | ۱ | ۵/۸۸ |
| **رشته/ گروه** | **فراوانی** | **درصد** | **رشته/ گروه** | **فراوانی** | **درصد** |
| مهندسی پزشکی | ۵ | ۲۹/٤۱ | بیوشیمی | ۲ | ۱۱/۷٦ |
| مهندسی‌بافت | ٤ | ۲۳/۵۲ | زیست فناوری پزشکی | ۱ | ۵/۸۸ |
| نانوتکنولوژی | ۲ | ۱۱/۷٦ | مهندسی شیمی | ۱ | ۵/۸۸ |
| نانوبیوتکنولوژی | ۱ | ۵/۸۸ | ژنتیک | ۱ | ۵/۸۸ |

[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

در مرحله بعد، پرسش‌نامه‌ی تدوین شده به‌صورت الکترونیکی برای متخصصان ارسال و از آنان درخواست شد که افکار، نظرات و پیشنهادهای خود را در خصوص میزان اهمیت محورهای پژوهشی پیشنهادی که برآمده از مرور پیشینه‌ها و یافته‌های علم‌سنجی و متن‌کاوی بوده است، ارایه نمایند. پرسش‌نامه به‌صورتی طراحی شده بود که متخصصان بتوانند نظرات خود را نسبت به میزان اهمیت هر کدام از این محورهای مطالعاتی مطابق با طیف لیکرت ۵ درجه‌ای(بسیار زیاد تا بسیار کم) بیان کنند و ضمن تعیین اهمیت محورها، اگر موضوع خاصی نادیده گرفته شده و باید اضافه شود، آن را در پرسش‌نامه قرار دهند.

پس از گردآوری پرسش‌نامه در مرحله اول، اطلاعات مربوط به آن‌ها با استفاده از تکنیک دلفی فازی تحلیل گردید. مراحل اجرای این تکنیک بدین شرح است: ۱) شناسایی طیف مناسب برای فازی‌سازی عبارات کلامی؛ ۲) تجمیع مقادیر فازی شده؛ ۳) فازی‌زدایی مقادیر؛ ٤) انتخاب مقدار آستانه و غربال معیارها بر اساس آن(۲۱). در این راستا، به‌منظور اجرای تکنیک دلفی فازی برای غربالگری موضوعات در وهله‌ی نخست باید طیف فازی مناسبی برای فازی‌سازی عبارات کلامی پاسخ‌دهندگان توسعه داد که در پژوهش حاضر، طیف فازی مثلثی برای مقیاس پنج درجه لیکرت استفاده شده است. جدول ۲ اعداد فازی مثلثی را نشان می‌دهد.

**جدول ۲: اعداد مثلثی فازی برای مقیاس پنج درجه لیکرت(۲۲)**

| مقیاس پنج درجه‌ای | بسیار کم | کم | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
|---|---|---|---|---|---|
| اعداد مثلثی فازی | (۰/۲۵-۰-۰) | (۰/۵-۰/۲۵-۰) | (۰/۷۵-۰/۵-۰/۲۵) | (۱-۰/۷۵-۰/۵) | (۱-۱-۰/۷۵) |

پس از انتخاب یا توسعه‌ی طیف فازی مناسب، دیدگاه خبرگان، گردآوری شده و به‌صورت فازی ثبت می‌شود. در گام بعدی، باید به تجمیع دیدگاه خبرگان پرداخت. در این راستا، برای محاسبه‌ی میانگین نظرات n پاسخ‌دهنده، میانگین فازی آن‌ها محاسبه می‌شود. محاسبه‌ی عدد فازی برای هر یک از موضوعات با استفاده از روابط ۱ تا ٤ صورت می‌گیرد(۲٤و۲۳). در این روابط، اندیس i به فرد خبره و اندیس j به شاخص تصمیم‌گیری اشاره دارد.

رابطه‌ی ۱: $\tilde{\tau}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), \quad i = 1,2,\dots,n \quad j = 1,2,\dots,m$

رابطه‌ی ۲: $a_j = \sum \frac{a_{ij}}{n}$

رابطه‌ی ۳: $b_j = \sum \frac{b_{ij}}{n}$

رابطه‌ی ٤: $c_j = \sum \frac{c_{ij}}{n}$

پس از تجمیع فازی دیدگاه خبرگان باید به فازی‌زدایی مقادیر پرداخت. یکی از روش‌ها برای فازی‌زدایی، محاسبه‌ی میانگین اعداد فازی است که از رابطه‌ی ۵ به‌دست می‌آید و در مطالعه‌ی حاضر استفاده گردید.

رابطه‌ی ۵: $\text{Crisp} = \frac{a+b+c}{3}$

پس از انتخاب روش مناسب برای فازی‌زدایی مقادیر، برای غربال آیتم‌ها باید یک مقدار آستانه در نظر گرفت. در پژوهش حاضر مقدار آستانه، ۰/۵ در نظر گرفته شده است. اگر میانگین قطعی حاصل از فازی‌زدایی دیدگاه خبرگان، بزرگ‌تر از مقدار آستانه باشد، موضوع مورد نظر تأیید می‌شود. اگر این مقدار کوچک‌تر از حد آستانه باشد، موضوع مورد نظر حذف می‌شود(۲۳). به‌منظور حصول اطمینان از دستیابی به اجماع و تصمیم‌گیری درباره‌ی اتمام مراحل دلفی فازی به این صورت عمل شد: اگر اختلاف میانگین دو راند متوالی دلفی فازی از ۰/۱ کم‌تر باشد، دلفی فازی به اتمام می‌رسد(۲۵). در پژوهش حاضر، اجماع میان متخصصان طی دو مرحله حاصل شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار excel انجام گرفت.

لازم به ذکر است که پژوهش حاضر با رعایت اصول اخلاقی و مطابق با بیانیه هلسینکی انجام شد. پیش از اجرای مطالعه، هدف پژوهش برای خبرگان توضیح داده شد و رضایت آگاهانه از آن‌ها اخذ گردید. همچنین محرمانگی اطلاعات و ناشناس‌بودن پاسخ‌ها در تمام مراحل پژوهش تضمین و رعایت شد.

* تعیین روایی محتوایی، پایایی و غربالگری اولیه

به‌منظور سنجش روایی محتوایی ابزار گردآوری اطلاعات، پس از شناسایی حوزه‌های موضوعی براساس مرور متون(۱۰٤ محور)، پرسش‌نامه در اختیار ۷ نفر از متخصصان حوزه‌ی مهندسی‌بافت و سایر زمینه‌های مرتبط با آن قرار گرفت تا نظرات و پیشنهادهای خود را در خصوص فهرست موضوعات تعیین شده و شیوه‌ی دسته‌بندی آن‌ها ارایه کنند و در صورت نادیده گرفتن حوزه‌ای، آن را پیشنهاد دهند. پس از اعمال نظرات متخصصان در خصوص ویرایش و ادغام برخی محورها و حذف ۳۰ محور غیرضروری یا نامرتبط، پرسش‌نامه‌ی نهایی مشتمل بر ۷٤ محور مطالعاتی مهندسی‌بافت تنظیم شد. به‌منظور حصول اطمینان از پایایی ابزار پژوهش، پرسش‌نامه‌ی نهایی در میان ۷ متخصص حوزه‌ی مهندسی‌بافت و حوزه‌های مرتبط توزیع و جمع‌آوری شد و برای برآورد پایایی آن از روش آلفای کرونباخ استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارایه شده است.



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

جدول ۳: پایایی پرسش‌نامه‌ی اولویت‌های پژوهشی مرتبط با علوم مهندسی‌بافت با استفاده از روش آلفای کرونباخ

| محورها | آلفای کرونباخ |
|---|---|
| پژوهش‌های سلولی و مطالعات مرتبط با سلول‌درمانی | ۰/۸۳ |
| مطالعات مرتبط با مواد زیستی- داربست‌ها | ۰/۸۶ |
| مطالعات مرتبط با ترمیم و بازسازی انواع بافت‌ها و اندام‌ها | ۰/۸۰ |
| مطالعات پیش‌بالینی و توسعه‌ی محصولات مهندسی‌بافت | ۰/۷۹ |
| مطالعات مرتبط با فناوری- توسعه مهندسی‌بافت | ۰/۸۶ |
| پایایی کل | ۰/۸۵ |

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در پژوهش حاضر، پایایی پرسش‌نامه با استفاده از روش آلفای کرونباخ در سطح قابل قبولی است. ضریب پایایی نمره کل پرسش‌نامه ۰/۸۵ است. در میان محورها، بالاترین ضریب پایایی، به محورهای مواد زیستی- داربست‌ها و فناوری- توسعه مهندسی‌بافت تعلق دارد.

## یافته‌ها

همان‌طور که اشاره شد، ابتدا محورهای موضوعی اولیه به واسطه‌ی مرور پیشینه‌های مطالعاتی مرتبط و یافته‌های حاصل از تحلیل‌های علم‌سنجی و متن‌کاوی، استخراج و در قالب پرسش‌نامه تنظیم شدند. سپس در ادامه، فهرست حوزه‌های پژوهشی شناسایی شده با استفاده از تکنیک دلفی فازی، غربالگری و تأیید شدند.

الف. استخراج محورهای اولیه(تحلیل متون)

در این مرحله، به‌منظور تهیه فهرست اولیه موضوعات مهندسی‌بافت، در وهله‌ی نخست، به بررسی یافته‌های حاصل از تحلیل علم‌سنجی و متن‌کاوی مطالعات این حوزه(تحلیل واژگان و اصطلاحات برگرفته از عنوان، چکیده و کلیدواژه‌های مقالات منتشر شده در زمینه مهندسی‌بافت در سطح بین‌المللی و خوشه‌های موضوعی حاصل شده از تحلیل آن‌ها) پرداخته شد. به علاوه، یافته‌های جدیدترین مقالاتی که با هدف مطالعه علم‌سنجی و تحلیل روندهای موضوعی پژوهش‌های مرتبط با حوزه‌ی مهندسی‌بافت انجام شده‌اند و نیز مطالعاتی که به نوعی، مسایل، چالش‌ها و جهت‌گیری‌های آینده‌ی این حوزه را مبنای بررسی خود قرار داده‌اند، تحلیل شدند. نتایج حاصل از این بررسی‌ها، شناسایی ۱۰۴ حوزه‌ی موضوعی در زمینه‌ی مهندسی‌بافت بود که در پنج دسته‌ی اصلی به شرح زیر گروه‌بندی شدند:

- پژوهش‌های سلولی و مطالعات مرتبط با سلول‌درمانی(۲۷ موضوع)؛
- مطالعات مرتبط با مواد زیستی و داربست‌ها(۲۸ موضوع)؛
- مطالعات مرتبط با ترمیم و بازسازی انواع بافت‌ها و اندام‌ها(۲۱ موضوع)
- مطالعات پیش‌بالینی و توسعه‌ی محصولات مهندسی‌بافت(۱۳ موضوع)
- مطالعات مرتبط با فناوری و توسعه‌ی مهندسی‌بافت(۱۵ موضوع).

ب. تنظیم پرسش‌نامه

در این مرحله، فهرست حوزه‌های موضوعی مهندسی‌بافت که بر مبنای یافته‌های علم‌سنجی و مطالعات پیشین تهیه شده است، در اختیار ۷ نفر از متخصصان حوزه‌ی مهندسی‌بافت و سایر زمینه‌های مرتبط قرار گرفت تا نظرات و پیشنهادهای خود را در خصوص فهرست موضوعات تعیین شده و شیوه‌ی دسته‌بندی آن‌ها ارایه کنند و در صورت نادیده گرفتن حوزه‌ای، آن را پیشنهاد دهند. پس از اعمال نظرات متخصصان(به‌عنوان مثال، ویرایش و ادغام برخی محورها و حذف ۳۰ محور غیرضروری یا نامرتبط)، پرسش‌نامه‌ی نهایی مشتمل بر ۷۴ محور مطالعاتی مهندسی‌بافت تنظیم شد.

ج. مرحله اول نظرسنجی

در این مرحله، پرسش‌نامه‌ی تدوین شده مشتمل بر ۷۴ محور پژوهشی در اختیار متخصصان قرار گرفت و از آن‌ها درخواست شد تا نظراتشان را درباره‌ی اهمیت هر کدام از موضوعات، در قالب متغیرهای کلامی مندرج در پرسش‌نامه(از بسیار کم تا بسیار زیاد) بیان کنند. در وهله‌ی نخست، آرای خبرگان برای هر موضوع شمارش شد. پس از شمارش نظرات، بر اساس طیف جدول ۲ معادل فازی اعداد مشخص و میانگین فازی امتیازات(حد پایین، حد متوسط و حد بالا) محاسبه شد. پس از محاسبه‌ی میانگین فازی، به واسطه‌ی عملیات فازی‌زدایی، میانگین فازی به عدد قطعی تبدیل شد. بدین‌معنی که میانگین حد پایین، حد متوسط و حد بالای نظرات خبرگان محاسبه شد. پس از فازی‌زدایی مقادیر، با توجه به مقدار آستانه که در پژوهش حاضر ۰/۵ در نظر گرفته شده است، وضعیت تأیید یا رد موضوعات توسط متخصصان مشخص شد. نتایج کلیه محاسبات حاصل از میانگین اعداد فازی، میانگین قطعی و وضعیت تأیید موضوعات توسط متخصصان در مرحله اول دلفی، در فایل پیوست مقاله ارایه

[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

شده است. با توجه به این‌که میانگین قطعی تمام موضوعات از مقدار آستانه یعنی ۰/۵ بالاتر هستند، می‌توان اذعان داشت که تمام این حوزه‌های مطالعاتی مهندسی‌بافت توسط متخصصان مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

د. مرحله دوم نظرسنجی

در مرحله‌ی دوم، پرسش‌نامه به همراه میانگین قطعی مرحله اول در اختیار خبرگان قرار داده شد تا ضمن آگاهی از میانگین هر موضوع در مرحله قبل، مجدداً درباره‌ی اهمیت هر محور اظهارنظر کنند. در این مرحله مانند مرحله‌ی پیشین، میانگین فازی امتیازات برآورد و درنهایت امتیازات قطعی محاسبه شده است. نتایج میانگین فازی مرحله دوم به همراه میانگین قطعی مرحله اول و دوم و تفاوت میانگین آن‌ها در جدول ۳ ارایه شده است. همان‌طور که اشاره شد، در صورتی که اختلاف میانگین قطعی بین دو مرحله‌ی نظرسنجی کم‌تر از حد آستانه خیلی کم یا ۰/۱ باشد، فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود که به معنای دستیابی به اجماع متخصصان است. بر این اساس، جداول ٤ تا ٨ نشان می‌دهد که در تمامی محورها، اختلاف میانگین کم‌تر از ۰/۱ است؛ پس اجماع حاصل شده و فرایند دلفی فازی به اتمام می‌رسد. بدین‌صورت تمامی موضوعات توسط متخصصان به‌عنوان مسایل قابل پژوهش و مهم انتخاب شدند.

**جدول ۴: نتایج مرحله دوم دلفی فازی در محور مطالعات مرتبط با سلول‌درمانی**

| ردیف | موضوعات | میانگین فازی مرحله ۲ | | | میانگین قطعی مرحله ۲ | میانگین قطعی مرحله ۱ | اختلاف |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | یافتن مناسب‌ترین و قابل اعتمادترین منابع سلولی متناسب با نوع بافت‌ها | ۰/٤٥٦ | ۰/٦٩١ | ۰/٨٦٨ | ۰/٦٧٢ | ۰/٦٥٢ | ۰/۰۲۰ |
| ۲ | تعیین تعداد بهینه‌ی سلول‌ها برای پر کردن داربست | ۰/٤١٢ | ۰/٦٦٢ | ۰/٨٩٧ | ۰/٦٥٧ | ۰/٦٤٧ | ۰/۰۱۰ |
| ۳ | انتخاب روش و زمان مناسب برای انتقال سلول‌های زنده از شرایط کشت به بدن انسان | ۰/٤٨٥ | ۰/٧٣٥ | ۰/٩١٢ | ۰/٧١١ | ۰/٦٨٦ | ۰/۰۲۵ |
| ٤ | مطالعات کشت سلولی و توسعه‌ی روش‌هایی برای کشت سه‌بعدی، رشد و تعاملات سلول‌ها در یک محیط کشت سه‌بعدی و ارگانوییدی | ۰/٥٥٩ | ۰/٨٠٩ | ۰/٩٧١ | ۰/٧٧٩ | ۰/٧٥٥ | ۰/۰۲۵ |
| ۵ | توسعه‌ی پروتکل‌های جداسازی انواع سلول‌ها از بافت‌های مختلف بیماران | ۰/٤٤١ | ۰/٦٩١ | ۰/٨٨٢ | ۰/٦٧٢ | ۰/٦٦٢ | ۰/۰۱۰ |
| ٦ | توسعه‌ی رویکردهای ارتقای عملکرد سلولی شامل تحرک سلولی، چسبندگی سلولی، رشد سلولی و تمایز سلولی | ۰/٦٠٣ | ۰/٨٥٣ | ۰/٩٥٦ | ۰/٨٠٤ | ۰/٧٧٠ | ۰/۰۳٤ |
| ۷ | ارزیابی سمیت سلولی و بهبود پروتکل‌های زنده‌مانی و بقای سلول‌ها | ۰/٥١٥ | ۰/٧٦٥ | ۰/٩٢٦ | ۰/٧٣٥ | ۰/٧١١ | ۰/۰۲۵ |
| ۸ | بررسی و مقایسه‌ی رویکردهای تحویل سلولی | ۰/٥٢٩ | ۰/٧٧٩ | ۰/٩٤١ | ۰/٧٥٠ | ۰/٧٣٥ | ۰/۰۱۵ |
| ۹ | مطالعه‌ی تکنیک‌های نوین جداسازی و استخراج فرآورده‌های مشتق از سلول از جمله وزیکول‌های خارج سلولی و اگزوزوم‌ها به‌صورت ایمن و کارا و توسعه کاربرد آن‌ها در ترمیم بافت‌ها | ۰/٦١٨ | ۰/٨٦٨ | ۰/٩٧١ | ۰/٨١٩ | ۰/٧٧٠ | ۰/۰٤۹ |
| ۱۰ | شناسایی فاکتورهای رشد و عوامل مؤثر دیگر در در راستای هدایت و تنظیم رفتار سلول‌ها، بهبود عملکرد سلول‌ها و ترمیم بافت‌ها و مدیریت مقدار بهینه و مورد نیاز آن‌ها | ۰/٥٨٨ | ۰/٨٣٨ | ۰/٩٥٦ | ۰/٧٩٤ | ۰/٧٦٥ | ۰/۰۲۹ |
| ۱۱ | بررسی تأثیر محرک‌های الکتریکی، مغناطیسی و مکانیکی به‌منظور بهبود و یا تغییر فعالیت‌های سلولی و روند ترمیم و بازسازی بافت‌های آسیب‌دیده | ۰/٤٧١ | ۰/٧٢١ | ۰/٨٨٢ | ۰/٦٩١ | ۰/٦٦٧ | ۰/۰۲۵ |
| ۱۲ | مطالعه‌ی رفتارهای سلولی ازجمله برهم‌کنش‌های سلول-سلول و تعاملات سلول-متریال تحت تأثیر عوامل مختلف به منظور درک دانش بنیادی و عمیق از رفتار سلولی در سیستم‌های مهندسی‌بافت و بهبود تعاملات بین سلولی | ۰/٥٢٩ | ۰/٧٧٩ | ۰/٩٤١ | ۰/٧٥٠ | ۰/٧١١ | ۰/۰۳۹ |
| ۱۳ | مسایل مربوط به کاربرد و بهبود پتانسیل درمانی سلول‌های بنیادی مزانشیمی(با منابع مختلف) در ترمیم و مهندسی‌بافت‌ها | ۰/٦١٨ | ۰/٨٦٨ | ۰/٩٨٥ | ۰/٨٢٤ | ۰/٧٧٩ | ۰/۰٤٤ |
| ۱٤ | مسایل مربوط به کاربرد و بهبود پتانسیل درمانی سلول‌های بنیادی پرتوان القایی (iPS) در ترمیم و مهندسی‌بافت‌ها | ۰/٤٥٦ | ۰/٦٩١ | ۰/٨٣٨ | ۰/٦٦٢ | ۰/٦٥٢ | ۰/۰۱۰ |
| ۱۵ | مسایل مربوط به کاربرد و بهبود پتانسیل درمانی سلول‌های بنیادی جنینی در ترمیم و مهندسی‌بافت‌ها | ۰/٣٩٧ | ۰/٦٣٢ | ۰/٨٣٨ | ۰/٦٢٣ | ۰/٦٢٣ | ۰/۰۰۰ |

داده‌های جدول ٤ نشان می‌دهد که در میان محور پژوهش‌های سلولی و مطالعات مرتبط با سلول‌درمانی، بالاترین میانگین قطعی(۰/۸۲٤) به موضوع کاربرد سلول‌های بنیادی مزانشیمی(با منابع مختلف) در ترمیم و مهندسی‌بافت‌ها اختصاص یافته است.



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

جدول ۵: نتایج مرحله دوم دلفی فازی در محور مطالعات مواد زیستی- داربست‌ها

| ردیف | موضوعات | میانگین فازی | | میانگین قطعی مرحله ۲ | میانگین قطعی مرحله ۱ | اختلاف |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | طراحی و تولید داربست با استحکام و خواص مکانیکی مناسب | ۰/۵۱۵ | ۰/۷۶۵ | ۰/۹۱۲ | ۰/۷۳۰ | ۰/۰۱۵ |
| ۲ | بهبود زیست‌سازگاری داربست‌ها و توسعه‌ی استراتژی‌هایی برای تعدیل پاسخ ایمنی به بافت‌های کاشته شده و به حداقل رساندن میزان سمیت و واکنش‌های التهابی مضر در محیط بدن | ۰/۵۷٤ | ۰/۸۲٤ | ۰/۹۷۱ | ۰/۷۸۹ | ۰/۰۳٤ |
| ۳ | توسعه‌ی مواد زیستی جدید با خواص زیست‌تخریب‌پذیری ایده‌آل و متناسب با بافت آسیب‌دیده در طراحی و ساخت داربست‌ها | ۰/۵۸۸ | ۰/۸۳۸ | ۱/۰۰۰ | ۰/۸۰۹ | ۰/۰۳۹ |
| ٤ | طراحی داربست‌ها با منافذ کافی و ساختار به‌هم‌پیوسته متخلخل برای انتشار اکسیژن و مواد مغذی به سلول‌ها، تشکیل ماتریکس خارج سلولی و عروق جدید و دفع ضایعات سلولی به خارج از داربست | ۰/۵۸۸ | ۰/۸۳۸ | ۰/۹۸۵ | ۰/۸۰٤ | ۰/۰۳٤ |
| ۵ | توسعه‌ی روش‌هایی برای ایجاد شبکه‌های عروقی در داربست‌ها به‌منظور تداوم خون‌رسانی به بافت‌های مهندسی شده و یکپارچگی عصبی در آن‌ها، ادغام و اتصال سریع به رگ‌های خونی بیمار پس از کاشت در بدن | ۰/۵۸۸ | ۰/۸۳۸ | ۰/۹۵٦ | ۰/۷۹٤ | ۰/۰۳۹ |
| ٦ | ساخت داربست با رویکردهای ایمونوتراپی یا ایمنی‌درمانی به‌منظور تقویت پاسخ ایمنی و مدیریت التهابات در داربست‌ها و بافت‌های کاشته شده و افزایش اثربخشی درمان‌های ترمیمی و بازسازی بافت‌ها | ۰/۵۷٤ | ۰/۸۲٤ | ۰/۹۵٦ | ۰/۷۸٤ | ۰/۰۳۹ |
| ۷ | توسعه‌ی انواع مواد زیستی نوآورانه(مانند مواد هوشمند و حافظه‌دار) به‌منظور طراحی و ساخت داربست‌های مناسب در بافت‌های مختلف | ۰/۵۱۵ | ۰/۷۶۵ | ۰/۹٤۱ | ۰/۷٤۰ | ۰/۰۱۵ |
| ۸ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌های هیدروژلی و پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/۵۱۵ | ۰/۷۶۵ | ۰/۹۲٦ | ۰/۷۳۵ | ۰/۰۱۵ |
| ۹ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌های زیست‌فعال، پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/٤۲٦ | ۰/٦۷٦ | ۰/۸۵۳ | ۰/٦۵۲ | ۰/۰۱۵ |
| ۱۰ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌ها به روش الکتروریسی، پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/۵۱۵ | ۰/۷۶۵ | ۰/۹۲٦ | ۰/۷۳۵ | ۰/۰۲۹ |
| ۱۱ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌های کامپوزیت و نانوکامپوزیت، پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/۵۲۹ | ۰/۷۷۹ | ۰/۹۲٦ | ۰/۷٤۵ | ۰/۰۱۵ |
| ۱۲ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌ها به روش چاپ سه‌بعدی، پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/۵۲۹ | ۰/۷۷۹ | ۰/۹٤۱ | ۰/۷۵۰ | ۰/۰۲۹ |
| ۱۳ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌های رسانا و الکتورسانا، پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/۵۲۹ | ۰/۷۷۹ | ۰/۸۹۷ | ۰/۷۳۵ | ۰/۰۲۹ |
| ۱٤ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌های هوشمند و چهار بعدی، پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/۵۷٤ | ۰/۸۲٤ | ۰/۹٤۱ | ۰/۷۷۹ | ۰/۰۳۹ |
| ۱۵ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌های سلول‌زدایی شده، پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/۵۸۸ | ۰/۸۳۸ | ۰/۹۵٦ | ۰/۷۹٤ | ۰/۰۳۹ |
| ۱٦ | کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌های نانو، پتانسیل و چالش‌های آن‌ها در بازسازی و ترمیم بافت‌ها | ۰/۵۰۰ | ۰/۷۵۰ | ۰/۸۹۷ | ۰/۷۱٦ | ۰/۰۱۵ |
| ۱۷ | توسعه‌ی مواد زیستی دارای توان بالا در تقلید از ساختار و خواص ماتریکس خارج سلولی بافت‌های طبیعی | ۰/۵۸۸ | ۰/۸۳۸ | ۰/۹٤۱ | ۰/۷۸۹ | ۰/۰۳۹ |
| ۱۸ | توسعه‌ی مواد زیستی خودترمیم‌شونده به‌منظور بهبود بخشیدن به عملکرد داربست‌ها و بافت‌های مهندسی‌شده | ۰/۵۵۹ | ۰/۸۰۹ | ۰/۹۲٦ | ۰/۷٦۵ | ۰/۰۲۵ |
| ۱۹ | مطالعه‌ی سیستم‌ها و رویکردهای نوین رهایش کنترل‌شده‌ی دارو در داربست‌ها | ۰/٦۳۲ | ۰/۸۸۲ | ۰/۹۷۱ | ۰/۸۲۸ | ۰/۰٤٤ |

طبق یافته‌های جدول ۵، در محور مطالعات مرتبط با مواد زیستی و داربست‌ها، موضوع سیستم‌ها و رویکردهای نوین رهایش کنترل شده‌ی دارو در داربست‌ها بالاترین میانگین قطعی(۰/۸۲۸) را دارد.



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

**جدول ۶: نتایج مرحله دوم دلفی فازی در محور مطالعات ترمیم و بازسازی انواع بافت‌ها و اندام‌ها**

| ردیف | موضوعات | میانگین فازی | | | میانگین قطعی مرحله ۲ | میانگین قطعی مرحله ۱ | اختلاف |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | مهندسی‌بافت پوست شامل ترمیم و درمان سوختگی‌ها و انواع زخم‌های حاد و مزمن | ۰/۶۷۶ | ۰/۹۲۶ | ۰/۹۸۵ | ۰/۸۶۳ | ۰/۸۱۹ | ۰/۰۴۴ |
| ۲ | ترمیم و بازسازی بافت قلب | ۰/۵۸۸ | ۰/۸۲۴ | ۰/۹۵۶ | ۰/۷۸۹ | ۰/۷۲۵ | ۰/۰۶۴ |
| ۳ | مهندسی‌بافت مغز و اعصاب شامل بازسازی سلول‌های عصبی و سلول‌های حمایت کننده برای ترمیم آسیب‌های ناشی از جراحات یا بیماری‌های عصبی ازجمله آسیب‌های اعصاب محیطی و بافت نخاع | ۰/۶۳۲ | ۰/۸۸۲ | ۰/۹۷۱ | ۰/۸۲۸ | ۰/۷۶۵ | ۰/۰۶۴ |
| ۴ | مهندسی‌بافت عروق و رگ‌های خونی به منظور بهبود جریان خون در بافت‌های آسیب‌دیده | ۰/۶۰۳ | ۰/۸۵۳ | ۰/۹۵۶ | ۰/۸۰۴ | ۰/۷۴۰ | ۰/۰۶۴ |
| ۵ | مهندسی‌بافت‌های استخوانی مانند درمان شکستگی‌های پیچیده، انحراف ستون فقرات، پوکی استخوان، عفونت یا تومورهای استخوانی و آسیب‌های جمجمه | ۰/۶۳۲ | ۰/۸۸۲ | ۱/۰۰۰ | ۰/۸۳۸ | ۰/۷۷۰ | ۰/۰۶۹ |
| ۶ | مهندسی‌بافت غضروف شامل ترمیم مفاصل آسیب دیده، بازسازی بافت الاستیک و منیسک و درمان بیماری‌هایی مانند آرتروز | ۰/۶۶۲ | ۰/۹۱۲ | ۱/۰۰۰ | ۰/۸۵۸ | ۰/۸۰۴ | ۰/۰۵۴ |
| ۷ | مهندسی‌بافت عضلانی شامل ترمیم ماهیچه‌های اسکلتی و ماهیچه‌های صاف | ۰/۵۴۴ | ۰/۷۹۴ | ۰/۹۵۶ | ۰/۷۶۵ | ۰/۷۲۱ | ۰/۰۴۴ |
| ۸ | مهندسی‌بافت چشم و قرنیه | ۰/۶۴۷ | ۰/۸۹۷ | ۱/۰۰۰ | ۰/۸۴۸ | ۰/۷۹۴ | ۰/۰۵۴ |
| ۹ | مهندسی‌بافت نای | ۰/۴۸۵ | ۰/۷۲۱ | ۰/۸۸۲ | ۰/۶۹۶ | ۰/۶۴۲ | ۰/۰۵۴ |
| ۱۰ | ترمیم و بازسازی بافت پریودنتال | ۰/۵۴۴ | ۰/۷۹۴ | ۰/۹۲۶ | ۰/۷۵۵ | ۰/۷۱۱ | ۰/۰۴۴ |
| ۱۱ | مهندسی‌بافت دهان، فک و صورت | ۰/۵۵۹ | ۰/۸۰۹ | ۰/۹۷۱ | ۰/۷۷۹ | ۰/۷۳۵ | ۰/۰۴۴ |
| ۱۲ | مهندسی و ساخت بافت کبد | ۰/۴۷۱ | ۰/۷۲۱ | ۰/۸۶۸ | ۰/۶۸۶ | ۰/۶۲۳ | ۰/۰۶۴ |
| ۱۳ | مهندسی و ساخت بافت پانکراس | ۰/۴۴۱ | ۰/۶۹۱ | ۰/۸۳۸ | ۰/۶۵۷ | ۰/۶۲۳ | ۰/۰۳۴ |
| ۱۴ | مهندسی و ساخت بافت ریه | ۰/۴۷۱ | ۰/۷۲۱ | ۰/۸۶۸ | ۰/۶۸۶ | ۰/۶۵۲ | ۰/۰۳۴ |
| ۱۵ | مهندسی و ساخت بافت کلیه | ۰/۴۷۱ | ۰/۷۲۱ | ۰/۸۵۳ | ۰/۶۸۱ | ۰/۶۴۷ | ۰/۰۳۴ |
| ۱۶ | مهندسی و ساخت بافت مثانه | ۰/۴۲۶ | ۰/۶۶۲ | ۰/۸۳۸ | ۰/۶۴۲ | ۰/۶۰۸ | ۰/۰۳۴ |
| ۱۷ | مهندسی‌بافت در حلق و گوش و بینی | ۰/۴۷۱ | ۰/۷۲۱ | ۰/۸۸۲ | ۰/۶۹۱ | ۰/۶۵۷ | ۰/۰۳۴ |
| ۱۸ | به‌کارگیری تکنیک‌های مهندسی‌بافت در توسعه‌ی رویکردهای جدید برای تشخیص زودهنگام و درمان سرطان و طراحی و ساخت بافت جایگزین به جای بافت سرطانی برداشت شده | ۰/۴۸۵ | ۰/۷۳۵ | ۰/۸۶۸ | ۰/۶۹۶ | ۰/۶۹۶ | ۰/۰۰۰ |

یافته‌های جدول ٦، بیانگر آن است که در میان حوزه‌های پژوهشی پیشنهادی در محور مطالعات، مرتبط با ترمیم و بازسازی انواع بافت‌ها و اندام‌ها، بالاترین میانگین قطعی(۰/۸۶۳) متعلق به موضوع مهندسی‌بافت پوست شامل ترمیم و درمان سوختگی‌ها و انواع زخم‌های حاد و مزمن بوده است.

**جدول ۷: نتایج مرحله دوم دلفی فازی در محور مطالعات پیش‌بالینی و توسعه‌ی محصولات مهندسی‌بافت**

| ردیف | موضوعات | میانگین فازی | | | میانگین قطعی مرحله ۲ | میانگین قطعی مرحله ۱ | اختلاف |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | توسعه‌ی روش‌ها و ابزارهایی برای انجام آزمایش‌های بالینی یا مطالعات پزشکی(مانند ارزیابی توان دارو در ترمیم بافت) در شرایط آزمایشگاهی یا in vitro | ۰/۵۰۰ | ۰/۷۵۰ | ۰/۹۲۶ | ۰/۷۲۵ | ۰/۶۸۶ | ۰/۰۳۹ |
| ۲ | مدل‌سازی‌های پیشرفته جهت جایگزینی مدل‌های حیوانی و کشت دوبعدی در راستای نزدیک‌تر کردن نتایج به مطالعات بالینی | ۰/۶۰۳ | ۰/۸۵۳ | ۰/۹۸۵ | ۰/۸۱۴ | ۰/۷۴۵ | ۰/۰۶۹ |
| ۳ | توسعه‌ی ارگانوئیدها به‌منظور تحول در مدل‌سازی بیماری‌های پیچیده و توسعه داروهای ایمن‌تر و مؤثرتر | ۰/۵۴۴ | ۰/۷۹۴ | ۰/۹۲۶ | ۰/۷۵۵ | ۰/۷۰۱ | ۰/۰۵۴ |
| ۴ | توسعه‌ی آزمایش‌های بالینی به‌صورت دوسوکور به منظور حذف سوگیری و کسب نتایج دقیق‌تر | ۰/۵۰۰ | ۰/۷۵۰ | ۰/۹۵۶ | ۰/۷۳۵ | ۰/۶۹۶ | ۰/۰۳۹ |
| ۵ | چالش‌های مربوط به تولید انبوه محصولات مهندسی‌بافت در مقیاس بزرگ با حفظ کیفیت و ثبات | ۰/۶۳۲ | ۰/۸۸۲ | ۰/۹۸۵ | ۰/۸۳۳ | ۰/۷۹۴ | ۰/۰۳۹ |
| ۶ | ایجاد نهادهای ناظر متخصص، آیین‌نامه‌ها و راهکارهای تسهیل تأیید کارآزمایی‌های بالینی در راستای بهبود کیفیت و سرعت انجام مطالعات بالینی(به‌منظور رفع مسئله زمان‌بر بودن آزمایش‌های بالینی که سرعت عرضه و استفاده از درمان‌های جدید را کاهش می‌دهد) | ۰/۶۰۳ | ۰/۸۵۳ | ۰/۹۸۵ | ۰/۸۱۴ | ۰/۷۴۵ | ۰/۰۶۹ |



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۷ | راهکارهای رفع موانع تجاری‌سازی(نیاز به هزینه‌های بالا برای متقاعد کردن مراکز و شرکت‌های بزرگ به سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی محصولات) | ۰/۵۸۸ | ۰/۸۳۸ | ۰/۹۴۱ | ۰/۷۸۹ | ۰/۷۱۱ | ۰/۰۷۸ |
| ۸ | ارزیابی، اطلاع‌رسانی و وضع قوانین و آیین‌نامه‌های تخصصی در راستای مدیریت و تسهیل اخذ مجوز یا تأییدیه برای محصولات مهندسی‌بافت از نهادهای نظارتی، ارایه‌کنندگان خدمات بهداشتی و شرکت‌های بیمه | ۰/۵۷۴ | ۰/۸۲۴ | ۰/۹۵۶ | ۰/۷۸۴ | ۰/۷۰۶ | ۰/۰۷۸ |
| ۹ | توسعه‌ی تجاری‌سازی محصولات مهندسی‌بافت و گسترش شرکت‌ها و مراکز درمانی در این راستا | ۰/۶۱۸ | ۰/۸۶۸ | ۰/۹۷۱ | ۰/۸۱۹ | ۰/۷۳۰ | ۰/۰۸۸ |

داده‌های جدول ۷ نشان می‌دهد که در محور مطالعات پیش‌بالینی و توسعه‌ی محصولات مهندسی‌بافت، رتبه‌ی اول به موضوع چالش‌های مربوط به تولید انبوه محصولات مهندسی‌بافت در مقیاس بزرگ با حفظ کیفیت و ثبات با میانگین قطعی(۰/۸۳۳) اختصاص دارد.

**جدول ۸: نتایج مرحله دوم دلفی فازی در محور مطالعات فناوری- توسعه‌ی مهندسی‌بافت**

| ردیف | موضوعات | میانگین فازی | | میانگین قطعی مرحله ۲ | میانگین قطعی مرحله ۱ | اختلاف |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | توسعه‌ی فناوری‌های چاپ سه‌بعدی و چاپ زیستی سه‌بعدی برای ایجاد داربست‌ها و ساختارهای پیچیده‌ی بافتی با دقت بالا و به‌صورت سفارشی با توان تقلید بالا از معماری بافت‌های طبیعی و امکان لایه‌بندی سلول‌ها | ۰/۶۴۷ | ۰/۸۹۷ | ۰/۹۸۵ | ۰/۸۴۳ | ۰/۷۹۴ | ۰/۰۴۹ |
| ۲ | توسعه‌ی جوهرهای زیستی پیشرفته (Bio-ink) به‌منظور تولید بافت‌های کاربردی‌تر و ماندگارتر | ۰/۵۸۸ | ۰/۸۳۸ | ۰/۹۷۱ | ۰/۷۹۹ | ۰/۷۵۵ | ۰/۰۴۴ |
| ۳ | توسعه‌ی فناوری‌های چاپ چهاربعدی با امکان پاسخ به محرک‌ها و تغییرات محیطی برای ایجاد داربست‌ها و ساختارهای بافتی پویا | ۰/۵۵۹ | ۰/۸۰۹ | ۰/۹۴۱ | ۰/۷۷۰ | ۰/۷۳۰ | ۰/۰۳۹ |
| ۴ | ابداع روش‌های جدیدی در فناوری میکروسیال برای مطالعه‌ی رفتار سلولی، تسهیل کشت سلولی سه‌بعدی، تولید ساختارهای بافتی دقیق‌تر و کارآمدتر، رشد عروق در بافت‌های مهندسی شده، آزمایش سمیت دارویی و مدل‌سازی دقیق بیماری | ۰/۵۵۹ | ۰/۸۰۹ | ۰/۹۷۱ | ۰/۷۷۹ | ۰/۷۳۵ | ۰/۰۴۴ |
| ۵ | توسعه‌ی ابزارهای اندام روی تراشه (Organ-on-a-Chip) با هدف مدل‌سازی بیماری‌ها، ارزیابی ترکیبات دارویی و تنظیم دقیق شرایط کشت سلول و بافت | ۰/۵۰۰ | ۰/۷۵۰ | ۰/۸۹۷ | ۰/۷۱۶ | ۰/۶۶۲ | ۰/۰۵۴ |
| ۶ | توسعه‌ی حسگرهای زیستی به‌منظور تشخیص دقیق و زودهنگام بیماری‌های مرتبط با آسیب‌های بافت‌ها، امکان درک بهتر مکانیسم‌های بیماری و اثربخشی درمان‌های بالقوه با مدل‌سازی بیماری‌ها و ارزیابی اثرات داروهای جدید | ۰/۵۴۴ | ۰/۷۹۴ | ۰/۹۲۶ | ۰/۷۵۵ | ۰/۷۲۵ | ۰/۰۲۹ |
| ۷ | توسعه بیوراکتورهای تخصصی با هدف فراهم کردن شرایط محیطی(تقلید از شرایط دینامیکی فیزیولوژیکی بدن انسان) و محرک‌های مکانیکی لازم برای حفظ حیات سلول‌ها و بهبود عملکرد بافت‌های مهندسی شده | ۰/۵۲۹ | ۰/۷۷۹ | ۰/۹۴۱ | ۰/۷۵۰ | ۰/۷۲۱ | ۰/۰۲۹ |
| ۸ | توسعه فناوری‌های میکرو و نانو به منظور ارتقای عملکردهای سلولی مانند تحرک سلولی، چسبندگی سلولی و تمایز سلولی، طراحی بافت‌های پیچیده‌تر و افزایش خواص مکانیکی و زیست‌فعالی بافت‌های مهندسی شده | ۰/۵۵۹ | ۰/۸۰۹ | ۰/۹۵۶ | ۰/۷۷۵ | ۰/۷۴۵ | ۰/۰۲۹ |
| ۹ | استفاده از متخصصان بایوانفورماتیک جهت تحلیل داده‌های بیولوژیکی برای درک رفتار سلولی و تعاملات در بافت‌های مهندسی شده و امکان ساخت دقیق مدل‌های پیچیده‌ای از بافت‌ها و داربست‌ها با توان تقلید بالا از ساختارهای بافت طبیعی | ۰/۵۷۴ | ۰/۸۲۴ | ۰/۹۴۱ | ۰/۷۷۹ | ۰/۷۴۰ | ۰/۰۳۹ |
| ۱۰ | توسعه‌ی فناوری صفحه سلولی در راستای ایجاد محیطی کنترل شده برای کشت سلولی پیشرفته، تسهیل برهمکنش‌های سلول- سلول در انواع بافت‌ها، توسعه داروها و ایجاد معماری‌های بافتی پیچیده | ۰/۵۱۵ | ۰/۷۶۵ | ۰/۹۱۲ | ۰/۷۳۰ | ۰/۶۸۱ | ۰/۰۴۹ |
| ۱۱ | استفاده از هوش مصنوعی برای افزایش دقت، کارایی و شخصی‌سازی مهندسی‌بافت؛ کاربردهایی مانند بهینه‌سازی پارامترهای چاپ، شناسایی بهترین مواد زیستی، طراحی ساختارهای پیچیده داربست‌ها و پیش‌بینی رفتار سلولی و بافت‌های تولید شده در طول زمان | ۰/۵۵۹ | ۰/۸۰۹ | ۰/۹۵۶ | ۰/۷۷۵ | ۰/۷۳۵ | ۰/۰۳۹ |
| ۱۲ | توسعه روش‌های درمانی سفارشی و شخصی‌سازی شده(طراحی رویکردهای مهندسی‌بافت با استفاده از سلول‌ها و اطلاعات ژنتیکی خود بیمار به‌منظور ایجاد بافت‌های متناسب با نیازهای خاص او، کاهش خطر رد پیوند و بهبود نتایج درمان) | ۰/۶۳۲ | ۰/۸۸۲ | ۰/۹۷۱ | ۰/۸۲۸ | ۰/۷۶۰ | ۰/۰۶۹ |
| ۱۳ | تقویت ارتباطات میان‌رشته‌ای مهندسی‌بافت با حوزه‌های مرتبط مانند علم زیست مواد (بیومتریال)، زیست‌شناسی مولکولی و سلولی، مهندسی زیست پزشکی و پزشکی بازساختی | ۰/۶۷۶ | ۰/۹۲۶ | ۱/۰۰۰ | ۰/۸۶۸ | ۰/۸۱۹ | ۰/۰۴۹ |

[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

طبق یافته‌های جدول ۸، در میان حوزه‌های موضوعی شناسایی شده در محور مطالعات مرتبط با فناوری و توسعه‌ی مهندسی‌بافت، مهم‌ترین موضوع متعلق به تقویت ارتباطات میان‌رشته‌ای مهندسی‌بافت با حوزه‌های مرتبط با میانگین قطعی(۰/۸۶۸) بوده است. به‌طورکلی، داده‌های حاصل از جدول‌های ٤ تا ۸ نشان می‌دهد که در میان پنج محور مطالعاتی مهندسی‌بافت، موضوعات مربوط به دو محور مطالعات مواد زیستی و داربست‌ها و مطالعات مرتبط با فناوری و توسعه مهندسی‌بافت دارای بالاترین میانگین قطعی بوده‌اند.

## بحث

یافته‌های مطالعه‌ی حاضر نشان می‌دهد که موضوعات مربوط به محورهای مواد زیستی– داربست‌ها و فناوری– توسعه مهندسی‌بافت اهمیت بالاتری نسبت به سایر محورها داشته‌اند. داربست‌ها و مواد زیستی به‌کار رفته در آن‌ها پایه و اساس مهندسی‌بافت هستند که استفاده از آن‌ها در راستای ترمیم یا جایگزینی بافت‌ها و اندام‌های آسیب‌دیده ضروری است. توسعه‌ی مواد زیستی مناسب و نوآورانه برای ساخت داربست‌هایی که زیست‌سازگار، زیست‌تخریب‌پذیر، دارای خواص مکانیکی مناسب برای بافت‌های خاص و توان بالا برای تقلید از ماتریکس خارج سلولی باشند، چالش‌هایی است که همواره مورد توجه پژوهشگران و متخصصان مهندسی‌بافت بوده است. پیشرفت ابزارها و فناوری‌های مختلف مانند چاپ زیستی سه‌بعدی و چهاربعدی، میکروسیال، ابزارهای اندام روی تراشه، حسگرهای زیستی، بیوراکتورهای تخصصی، فناوری‌های میکرو و نانو و نیز ابزارهای هوش مصنوعی می‌توانند به توسعه و بهبود فرایند مهندسی‌بافت کمک کنند. در واقع، از پتانسیل این فناوری‌ها می‌توان برای حل مسایلی که مهندسی‌بافت با آن مواجه است، استفاده کرد مانند: ارتقای عملکردهای سلولی، تحرک، چسبندگی و تمایز سلولی، توسعه مواد زیستی مناسب و نوآورانه، طراحی ساختارهای پیچیده‌ی داربست‌ها و بافت‌ها، تسهیل کشت سلولی سه‌بعدی، مطالعه و پیش‌بینی رفتار سلول‌ها و بافت‌های تولید شده در طول زمان، افزایش ایمنی و رگ‌زایی در بافت‌های مهندسی شده، مدل‌سازی بیماری‌ها و ارزیابی اثرات داروهای جدید و به‌طور کلی، توسعه‌ی روش‌های درمانی سفارشی و شخصی‌سازی شده. همین امر لزوم انجام مطالعات بیش‌تر در زمینه‌ی به‌کارگیری ابزارها و فناوری‌های نوین برای توسعه‌ی مهندسی‌بافت را نشان می‌دهد.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، در محور پژوهش‌های سلولی، کاربرد سلول‌های بنیادی مزانشیمی در ترمیم و مهندسی‌بافت‌ها دارای اهمیت بالایی بوده است. سلول‌های بنیادی به‌ویژه سلول‌های بنیادی مزانشیمی، به‌دلیل ویژگی‌های خاص و پتانسیل درمانی آن‌ها در بازسازی اندام‌ها و بافت‌های آسیب‌دیده در طیف وسیعی از کاربردهای مهندسی‌بافت‌سودمند هستند. این سلول‌ها را می‌توان به‌راحتی از منابع مختلف بدن مانند مغز استخوان، بافت چربی و خون بند ناف به‌دست آورد. به‌علاوه، می‌توانند به انواع مختلفی از سلول‌ها مانند استخوان، غضروف، چربی، عصب یا سلول‌های ماهیچه‌ای تبدیل شوند(۲٦). سلول‌های بنیادی مزانشیمی با انتشار سیگنال‌ها و ترشح فاکتورهای مختلف، ضمن کمک به کاهش التهاب و تسهیل رشد رگ‌های خونی، فرایند بازسازی بافت‌های بدن را تسهیل می‌کنند(۲۷). این سلول‌ها می‌توانند خود را چندین بار بدون از دست دادن خواص خود تکثیر کنند که این پتانسیل، آن‌ها را به منبعی پایدار برای تولید سلول در کاربردهای مهندسی‌بافت تبدیل می‌کند(۲۸). خصوصیات مذکور، سلول‌های بنیادی مزانشیمی را به یک حوزه‌ی مطالعاتی مهم در زمینه‌ی مهندسی‌بافت تبدیل کرده است.

یافته‌های پژوهش، بیانگر آن است که در محور مطالعات مرتبط با مواد زیستی و داربست‌ها، توسعه‌ی سیستم‌ها و رویکردهای نوین رهایش کنترل شده‌ی دارو در داربست‌ها بالاترین میانگین را به خود اختصاص داده است. در خصوص طراحی داربست‌هایی که بتوانند فرایند تحویل دارو را به روشی دقیق و کنترل شده، به آرامی و به‌طور پیوسته در طول زمان و دقیقاً در محلی که مورد نیاز است انجام دهند(۳۰و۲۹)، با مسایل و چالش‌هایی همراه بوده که نیازمند مطالعه و بررسی هستند. توسعه‌ی مواد هوشمندتر مانند هیدروژل‌ها یا نانوذرات که بتوانند آزادسازی دارو را به‌طور مؤثرتری کنترل کنند(۳۱)؛ و آزمایش ترکیبات دارویی و افزودن مؤثر آن‌ها به داربست‌ها، به‌گونه‌ای که عملیات بازسازی بافت‌های آسیب‌دیده را تسریع کند، به‌عنوان مثال، ترکیب فاکتورهای رشد استخوانی (BMP-2) و داروهای ضدالتهاب در داربست‌های کامپوزیتی برای تسریع بازسازی بافت(۳۲)، اهمیت توجه متخصصان به رهایش کنترل شده‌ی دارو را در فرایند مهندسی‌بافت نشان می‌دهد.

در میان حوزه‌های پژوهشی پیشنهادی در محور مطالعات مرتبط با ترمیم و بازسازی انواع بافت‌ها و اندام‌ها، موضوع مهندسی‌بافت پوست شامل ترمیم و درمان سوختگی‌ها و انواع زخم‌های حاد و مزمن دارای اهمیت بالاتری بوده است. با توجه به این‌که پوست بزرگ‌ترین عضو بدن است و به‌عنوان یک سد محافظ در



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

برابر عفونت‌ها، مواد مضر و کم‌آبی بدن عمل می‌کند، هنگامی که بر اثر سوختگی یا زخم آسیب می‌بیند، در معرض خطر قرار گرفته و بدن را آسیب‌پذیر می‌کند(۳۳). به همین جهت، بازسازی بافت پوست از دیدگاه متخصصان، به‌عنوان یک حوزه‌ی ضروری و نیازمند مطالعه در زمینه‌ی مهندسی‌بافت، شناسایی شده که برای درمان سوختگی‌ها، زخم‌های حاد(مانند بریدگی‌ها یا برش‌های جراحی) و زخم‌های مزمن(مانند زخم‌های بستر دیابتی یا زخم‌های فشاری) حیاتی است(۳٤). فراتر از سوختگی‌ها و زخم‌ها، مهندسی‌بافت پوست می‌تواند به درمان بیماری‌هایی مانند ویتیلیگو(از دست دادن رنگدانه‌های پوست)، اختلالات ژنتیکی(مانند اپیدرمولیز بولوزا)، یا نقایص جراحی بزرگ پس از برداشتن سرطان کمک کند(۳۵).

در محور مطالعات پیش‌بالینی و توسعه‌ی محصولات مهندسی‌بافت، رتبه‌ی اول به موضوع چالش‌های مربوط به تولید انبوه محصولات مهندسی‌بافت در مقیاس بزرگ با حفظ کیفیت و ثبات، اختصاص دارد. هم‌زمان با پیشرفت محصولات مهندسی‌بافت، تقاضا برای به‌کارگیری آن‌ها افزایش می‌یابد. در واقع، بیماران بسیاری به بافت‌های مهندسی شده مانند پوست برای درمان سوختگی، غضروف برای ترمیم مفاصل یا حتی اندام‌های رشد یافته در آزمایشگاه نیاز دارند. برای پاسخ‌گویی حجم بالای تقاضای بیماران، لازم است تا محصولات مهندسی‌بافت در مقیاس وسیع بدون افت کیفیت تولید شوند. به علاوه، تولید محصولات مهندسی‌بافت در مقادیر زیاد، نیازمند توجه به همان استانداردهای کیفی بالاست. به‌عنوان مثال، در تولید متوالی پوست یا استخوان مهندسی شده، باید توجه داشت که در هر بار تولید، دارای ساختار، قدرت و عملکرد یکسانی باشند. محصولات ناسازگار می‌توانند منجر به درمان ناموفق یا مشکلات ایمنی شوند. تولید در مقیاس بزرگ خطر آلودگی یا خطا را در حین ساخت افزایش می‌دهد. مطالعه‌ی این چالش‌ها می‌تواند به اطمینان از رعایت استانداردهای ایمنی سختگیرانه در هر مرحله از تولید کمک کند(۳٦).

در میان حوزه‌های موضوعی شناسایی شده در محور مطالعات مرتبط با فناوری و توسعه‌ی مهندسی‌بافت، مهم‌ترین موضوع متعلق به تقویت ارتباطات میان‌رشته‌ای مهندسی‌بافت با حوزه‌های مرتبط بوده است. مهندسی‌بافت مانند بسیاری از حوزه‌های دیگر با مسایل و چالش‌هایی مواجه است که حل آن‌ها نیازمند همکاری میان رشته‌های مختلف است. به‌عنوان مثال، زیست‌شناسان، نحوه‌ی رشد و تعامل سلول‌ها را مطالعه می‌کنند؛ مهندسان، داربست‌ها، فناوری‌ها و ابزارهایی را برای حمایت از رشد بافت طراحی می‌کنند؛ پزشکان، ضمن آگاهی از نیازهای بالینی بیماران، از این ابزارها و فناوری‌ها برای درمان بیماران استفاده می‌کنند؛ شیمی‌دانان و متخصصان بیومواد، در حال تولید و توسعه‌ی مواد زیستی جدیدی برای ساخت داربست هستند که بافت‌های طبیعی بدن را تقلید کند؛ فارماکولوژیست‌ها، به قرارگیری سیستم‌های تحویل کنترل‌شده‌ی دارو در داربست‌ها کمک می‌کنند تا بهبودی را افزایش دهند؛ متخصصان ژنتیک، به اصلاح سلول‌ها برای بهبود توان آن‌ها در ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده کمک می‌کنند؛ متخصصان هوش مصنوعی می‌توانند پیش‌بینی کنند که سلول‌ها در داربست‌های مختلف یا در شرایط متفاوت چگونه رفتار می‌کنند؛ مدل‌های محاسباتی به شبیه‌سازی رشد بافت کمک کرده و نیاز به آزمون و خطا را کاهش می‌دهند؛ فناوری نانو امکان کنترل دقیق محیط‌های سلولی را در سطح میکروسکوپی فراهم می‌کند. توسعه‌ی ارتباطات میان‌رشته‌ای در مهندسی‌بافت می‌تواند امکان استفاده از تخصص‌های مختلف را برای حل مشکلات پیچیده، پیشرفت فناوری و بهبود کاربردهای بالینی فراهم کند(۳۷). بنابراین، مطالعه در زمینه‌ی توسعه‌ی ارتباطات میان‌رشته‌ای مهندسی‌بافت به‌عنوان یک اولویت برای پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گرفته است.

به‌طور کلی، اولویت‌های پژوهشی شناسایی‌شده در پژوهش حاضر تا حد زیادی با تحولات بین‌المللی مهندسی‌بافت هم‌خوانی دارند(۳۹و۳۸). در این راستا، مطالعات بین‌المللی تأکید می‌کنند که مواد زیستی به‌عنوان رکن اصلی مهندسی‌بافت عمل می‌کنند و لازم است که محیطی شبیه به ماتریکس خارج سلولی فراهم کنند تا رشد سلولی و بازسازی بافت را تسهیل نمایند. توسعه‌ی مواد زیستی هوشمند و هیدروژل‌ها برای پشتیبانی از تمایز سلولی و ترمیم بافت‌ها، یکی از محورهای اصلی بحث پژوهش‌های اخیر است. بنابراین، اولویت بالای مواد زیستی و داربست‌ها در یافته‌های مطالعهی حاضر نشان دهنده‌ی هم‌راستایی آن با یکی از بنیادی‌ترین جهت‌گیری‌های بین‌المللی در مهندسی‌بافت است(٤۲-٤۰). گزارش‌های جهانی، نوآوری‌های چاپ زیستی سه‌بعدی، مواد زیستی پیشرفته و ادغام هوش مصنوعی را به‌عنوان عوامل کلیدی رشد مهندسی‌بافت معرفی کرده‌اند. در این مطالعات، بر فناوری‌های مذکور برای شبیه‌سازی دقیق محیط‌های بافتی و افزایش دقت درمان‌های بازساختی تأکید شده است(٤۳). یافته‌های مطالعات اخیر نشان می‌دهند که سلول‌های بنیادی مزانشیمی به‌دلیل پتانسیل تمایز، قابلیت تکثیر و خواص ضدالتهابی، محور اصلی پژوهش‌های بازساختی در سطح جهانی هستند(٤٤). به‌همین ترتیب، تأکید بر رهایش کنترل‌شده‌ی دارو



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

در داربست‌ها بازتاب یکی از روندهای جهانی در مهندسی‌بافت بوده است؛ جایی که از مولکول‌های زیست‌فعال، عوامل رشد، هیدروژل‌ها و سامانه‌های مبتنی بر نانوذرات برای رسانش هدفمند و کنترل‌شده‌ی عوامل درمانی استفاده می‌شود(۴۳و۴۱). بر اساس مطالعات جهانی، بازسازی بافت پوست به‌دلیل نقش حفاظتی حیاتی و رواج سوختگی‌ها و زخم‌های حاد و مزمن و نقایص پس از جراحی، یکی از مهم‌ترین اهداف مهندسی‌بافت در سطح بین‌المللی محسوب می‌شود(۴۱). افزون بر این، اهمیت تولید در مقیاس بزرگ همراه با حفظ کیفیت و یکنواختی، یکی از چالش‌های کلیدی در مسیر ترجمه بالینی محصولات مهندسی‌بافت است و پژوهش‌های بین‌المللی نیز به‌طور مداوم شکاف میان موفقیت آزمایشگاهی و کاربرد بالینی یا تجاری را برجسته کرده‌اند(۴۵و۴۳). مطالعات جهانی، مهندسی‌بافت را به‌عنوان حوزه‌ای میان‌رشته‌ای توصیف می‌کنند که هم‌زمان از دانش زیست‌شناسی، مهندسی، پزشکی، شیمی، مواد زیستی، داروسازی، ژنتیک، مدل‌سازی محاسباتی و نانوفناوری بهره می‌گیرد و پیشرفت آن بدون مشارکت‌های میان‌رشته‌ای ممکن نیست(۴۶و۴۴).

به‌طور کلی می‌توان اذعان داشت که نتایج پژوهش حاضر مانند سایر مطالعات، با محدودیت‌هایی مانند کمبود منابع مورد تحلیل در خصوص نیازها و اولویت‌های پژوهشی، عدم‌مشارکت برخی از متخصصان و خبرگان در پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه، عدم پاسخ‌دهی به موقع به پرسش‌نامه توسط برخی از خبرگان در زمان مقرر و در نتیجه طولانی شدن فرایند گردآوری اطلاعات مواجه بوده است.

## نتیجه‌گیری

به‌منظور شناسایی محورهای مطالعاتی مهندسی‌بافت که به واسطه‌ی مرور پیشینه‌های پژوهشی مرتبط و یافته‌های حاصل از تحلیل‌های علم‌سنجی و متن‌کاوی استخراج شده‌اند، از دیدگاه‌های هفده نفر از متخصصان منتخب در زمینه‌های مرتبط با مهندسی‌بافت و فن دلفی فازی استفاده شد. طبق نتایج نظرسنجی، ۷۴موضوع شناسایی شده در پنج محور اصلی(۱. پژوهش‌های سلولی، ۲. مواد زیستی و داربست‌ها، ۳. ترمیم و بازسازی انواع بافت‌ها و اندام‌ها، ۴. مطالعات پیش‌بالینی و توسعه‌ی محصولات مهندسی‌بافت و ۵. مطالعات فناوری و توسعه‌ی مهندسی‌بافت) به‌عنوان حوزه‌های موضوعی اصلی مهندسی‌بافت توسط متخصصان این حوزه تأیید شدند.

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که با وجود پیشرفت‌هایی که در مهندسی‌بافت صورت گرفته، این حوزه هم‌چنان در مسیر توسعه‌ی خود، با مسایل و مشکلاتی مواجه است. یکی از مسایل قابل بررسی، توسعه‌ی مواد زیست فعال، زیست‌سازگار، زیست‌تخریب‌پذیر با ساختار متخلخل و خواص مکانیکی مناسب برای طراحی داربست‌هایی است که ضمن دارا بودن توان تقلید بالا از ماتریکس خارج سلولی بومی، بتوانند نیازهای ساختاری و عملکردی بدن را برطرف کنند و بدین ترتیب، عملکردهای بیولوژیکی بافت‌های مهندسی شده به‌طور مؤثر انجام گیرد. بنابراین، یکی از نقاط تمرکز مطالعات آینده بر توسعه‌ی موادی است که ضمن کمک به افزایش چسبندگی و رشد سلولی، ادغام یکپارچه و موفقیت‌آمیز بافت‌های مهندسی شده با بافت‌های بدن را امکان‌پذیر کند. در این میان، توجه به استراتژی‌هایی برای ایجاد شبکه‌های عروقی کاربردی در بافت‌های مهندسی شده برای اطمینان از تأمین مواد مغذی و اکسیژن و جلوگیری از مرگ سلول‌ها در داربست‌ها پس از کاشت در بدن و توسعه‌ی رویکردهای نوآورانه برای رهایش کنترل‌شده‌ی دارو در داربست‌ها به‌منظور کاهش واکنش‌های التهابی در بدن برای پژوهشگران و متخصصان این حوزه ضروری است. مطالعه درخصوص توسعه‌ی انواع مواد زیستی نوآورانه(مانند مواد خودترمیم‌شونده، مواد هوشمند و حافظه‌دار) و کارآمدسازی طراحی و ساخت داربست‌های ساخته شده از هیدروژل، نانوالیاف الکتروریسی، مواد کامپوزیت، رسانا و الکترورسانا از دیگر محورهای مورد بررسی در آینده خواهد بود.

با توجه به چالش‌هایی که در خصوص تصمیم‌گیری برای انتخاب نوع سلول ایده‌آل برای استفاده در مهندسی‌بافت‌های خاص و کشت آن‌ها وجود دارد و قابلیت‌های سلول‌های بنیادی در تمایز به انواع مختلف سلول‌ها، یکی دیگر از کانون‌های مطالعات آینده می‌تواند بر بهبود روش‌های تمایز و گسترش سلول‌های بنیادی؛ بررسی منابع جدید سلول‌های بنیادی برای تولید بافت‌های خاص؛ توسعه‌ی استراتژی‌هایی برای افزایش پتانسیل درمانی سلول‌های بنیادی؛ مطالعات کشت سلولی در محیط سه‌بعدی و ارگانوئیدی؛ و به‌روزرسانی تکنیک‌های مورد استفاده در کشت آزمایشگاهی متمرکز باشد. توجه به رهاسازی فاکتورهای رشد به شیوه‌ای کنترل‌شده و پایدار و مطالعه‌ی شیوه‌های صحیح اعمال محرک‌های مکانیکی و الکتریکی به داربست‌ها، این امکان را به پژوهشگران و متخصصان می‌دهد که با تأثیرگذاری مثبت بر عملکردهای سلولی، بافت‌های پیچیده‌تری تولید کنند که نه تنها در آزمایشگاه بلکه در شرایط بالینی هم عملکردی مطلوب



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

مشابه بافت‌های طبیعی از خود نشان دهند.

پیشرفت در فناوری‌های مختلف مانند چاپ سه‌بعدی و چهاربعدی، میکروسیال، نانوتکنولوژی، حسگرهای زیستی، بیوراکتورهای تخصصی، ابزارهای اندام روی تراشه، هوش مصنوعی و مدل‌سازی رایانه‌ای می‌تواند آینده‌ی مهندسی‌بافت را در ابعاد مختلف شامل بهینه کردن کشت سلول‌ها، ارتقای عملکردهای سلولی(تحرک، چسبندگی و تمایز سلولی)، طراحی داربست‌ها و ساختارهای بافتی پیچیده، مطالعه و پیش‌بینی رفتار سلول‌ها و بافت‌های تولید شده، آزمایش‌های دارویی و مدل‌سازی بیماری‌ها و اندام‌های پیچیده، و توسعه‌ی روش‌های درمانی سفارشی و شخصی‌سازی شده متحول کند. بنابراین، شناسایی و بهره‌گیری از نوآوری‌های مربوط به این فناوری‌ها در تسریع و توسعه‌ی راهکارهای درمانی مهندسی‌بافت و مطالعه‌ی تکنیک‌های شخصی‌سازی محصولات مهندسی‌بافت بر اساس تفاوت‌های ژنتیکی، سلولی و آناتومیکی بیماران می‌توانند روندهای مطالعاتی آینده‌ی مهندسی‌بافت را شکل دهند.

باوجود تحولات و پیشرفت‌های مهندسی‌بافت، این حوزه هنوز با چالش‌هایی مانند تولید اندام‌های پیچیده به‌صورت کاملاً کاربردی(مانند کلیه، قلب، کبد وغیره) و بافت‌هایی با عملکرد کامل(مانند پوست، اعصاب، استخوان، غضروف، چشم وغیره) مواجه است که این امر نشان‌دهنده‌ی تمرکز پژوهش‌های آینده بر ساخت اندام‌های کاربردی و تولید انبوه بافت‌های مهندسی‌شده برای پیوند به‌منظور جلوگیری از رد پیوند و کاهش اتکا به اندام‌های اهداکننده است. باید توجه داشت که حرکت از تولید در مقیاس کوچک در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی به تولید در مقیاس بزرگ برای در دسترس قرار دادن محصولات مهندسی‌بافت به‌طور گسترده و بدون افت کیفیت چالشی قابل تأمل است. در این راستا، مطالعات آینده بر توسعه‌ی فرایندهای تولید کارآمد با حفظ کیفیت و ثبات، و بهینه‌سازی تکنیک‌های تولید، ازجمله خودکارسازی فرایندها، استفاده از فناوری‌های تولید پیشرفته برای کاهش هزینه‌ها و تجاری‌سازی محصولات مهندسی‌بافت متمرکز خواهد شد. به علاوه، مسیر پژوهش آزمایشگاهی تا کاربرد بالینی، اغلب با چالش‌های نظارتی پیچیده همراه است که بررسی‌های آینده باید به مطالعه‌ی راهکارهای رفع موانع نظارتی برای تأیید بافت‌های مهندسی‌شده پرداخته و با توسعه‌ی پروتکل‌های استاندارد شده برای آزمایش محصولات مهندسی‌بافت، به چالش‌های نظارتی رسیدگی کند.

باید توجه داشت که حل مسایل پیچیده‌ی آینده در مهندسی‌بافت مستلزم تقویت ارتباطات میان‌رشته‌ای و همکاری این حوزه با رشته‌های مختلف از جمله زیست‌شناسی، مهندسی، علم مواد، علوم کامپیوتر، پزشکی، نانوپزشکی و پزشکی بازساختی(مانند رویکردهای ژن درمانی) و استفاده از دستاوردها و پیشرفت‌های حاصل شده در آن‌هاست. در این‌راستا، در انجام پژوهش‌های آینده، ایجاد تیم‌های بین‌رشته‌ای که تخصص‌های متنوع را برای مقابله با چالش‌های پیچیده از طریق ادغام نوآوری‌ها و ابتکارات پژوهشی مشترک، گرد هم آورند، ضروری است.

به‌طور کلی، می‌توان اذعان داشت که حل مشکلات و مسایل در حوزه‌ی پزشکی و سلامت، نیاز به سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی همه جانبه دارد. بنابراین، وزارت بهداشت، گروه‌های آموزشی پزشکی در سراسر کشور، متولیان و نهادهای مسئول در زمینه‌ی تولید مقالات، پایان‌نامه‌ها و طرح‌های پژوهشی لازم است تا حل این مسایل را در دستور کار خود قرار دهند. در این راستا، لازم است که جهت‌دهی مقالات، پایان‌نامه‌ها و طرح‌های پژوهشی به سوی نیازهای پژوهشی پیشنهادی در مطالعه‌ی حاضر مورد توجه قرار گیرد. به علاوه، برگزاری همایش‌ها و کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی با محوریت این مسایل و موضوعات، می‌تواند به غنای بیش‌تر تولیدات علمی در این زمینه و در نهایت حل این مشکلات کمک کند.

نظر به این‌که مسایل و چالش‌های پزشکی به‌دلیل ماهیت پویا در طول زمان تغییر می‌کنند، لازم است تا این مسایل از سوی متولیان به‌طور مرتب بازنگری و روزآمد شوند و فهرست روزآمد شده‌ی این مسایل در اختیار پژوهشگران قرار گیرد. به علاوه، مراکز بهداشت و درمان و سایر سازمان‌های مرتبط با این حوزه نیز مشکلات و نیازهای پژوهشی خود را شناسایی کرده و در اختیار پژوهشگران قرار دهند تا به توسعه‌ی پژوهش‌های مسئله‌محور کمک کنند.

## تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل طرح پژوهشی با عنوان«مطالعه‌ی ساختار موضوعی پژوهش‌های حوزه مهندسی‌بافت: روندهای فعلی و جهت‌گیری‌های آینده با رویکرد متن‌کاوی» ارایه شده به بنیاد ملی علم ایران با کد ۴۳۲/ص/۱۴۰۳ است. نویسندگان مقاله، مراتب سپاس و قدردانی خود را به معاونت پژوهش و فناوری این سازمان که زمینه‌ی انجام این مطالعه را فراهم نمودند، تقدیم می‌کنند.



[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

## References

1. Banzi R, Moja L, Pistotti V, Facchini A & Liberati A. Conceptual frameworks and empirical approaches used to assess the impact of health research: An overview of reviews. Health Research Policy and Systems 2011; 9(26): 1-10.

2. Mobini S, Khanmohammadi M, Heidari-Vala H, Samadikuchaksaraei A, Moshiri A & Kazemnejad S. Tissue engineering and regenerative medicine in Iran: Current state of research and future outlook. Molecular Biotechnology 2015; 57(7): 589-605.

3. Newson R, King L, Rychetnik L, Bauman AE, Redman S, Milat AJ, et al. A mixed methods study of the factors that influence whether intervention research has policy and practice impacts: Perceptions of Australian researchers. BMJ Open 2015; 5(7): 1-13.

4. Heshmati A & Dibaji SM. Science, technology, and innovation status in Iran: Main challenges. Science, Technology and Society 2019; 24(3): 545-78.

5. El-Shamieh S & Chebly A. Trends in scientific publishing: Does quantity compromises quality in life sciences and medicine? Systematic Reviews 2024; 13(249): 1-4.

6. Bardini R & Di-Carlo S. Computational methods for biofabrication in tissue engineering and regenerative medicine-a literature review. Computational and Structural Biotechnology Journal 2024; 23(1): 601-16.

7. Behrooz A, Pourezzat AA, Dezhpasand F & Amiri M. Diagnosis of science and technology budget in Iran using meta-synthesis method. Innovation Management Journal 2020; 8(4): 85-122[Article in Persian].

8. Morton RL, Tuffaha H, Blaya-Novakova V, Spencer J, Hawley CM, Peyton P, et al. Approaches to prioritising research for clinical trial networks: A scoping review. Trials 2022; 23(1000): 1-21.

9. Nyanchoka L, Tudur-Smith C, Iversen V, Tricco AC & Porcher R. A scoping review describes methods used to identify, prioritize and display gaps in health research. Journal of Clinical Epidemiology 2019; 109(1): 99-110.

10. Wong EC, Maher AR, Motala A, Ross R, Akinniranye O, Larkin J, et al. Methods for identifying health research gaps, needs, and priorities: A scoping review. Journal of General Internal Medicine 2022; 37(1): 198-205.

11. Yoshida S. Approaches, tools and methods used for setting priorities in health research in the 21st century. Journal of Global Health 2015; 6(1): 1-10.

12. Nakhoda M & Fadayee G. Designing a change management model in Iranian academic libraries: A Delphi study. Research on Information Science and Public Libraries 2010; 16(3): 145-168.

13. Ahmadi N. Introduction and criticism of the Delphi method. Social Sciences 2009; 22(1): 95-108[Article in Persian].

14. Pashaizad H. A brief look at the Delphi method. Journal of Peyk-Noor (Humanities) 2008; 6(2): 63-79[Article in Persian].

15. Beiderbeck D, Frevel N, Von-Der-Gracht HA, Schmidt SL & Schweitzer VM. Preparing, conducting, and analyzing Delphi surveys: Cross-disciplinary practices, new directions, and advancements. MethodsX 2021; 8(101401): 1-20.

16. Chu HC & Hwang GJ. A Delphi-based approach to developing expert systems with the cooperation of multiple experts. Expert Systems with Applications 2008; 34(4): 2826-40.

17. Humphrey-Murto S, Varpio L, Gonsalves C & Wood TJ. Using consensus group methods such as Delphi and nominal group in medical education research. Medical Teacher 2017; 39(1): 14-9.

[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

18. Oranga H & Nordberg E. The Delphi panel method for generating health information. Health Policy and Planning 1993; 8(4): 405-12.

19. Powell C. The Delphi technique: Myths and realities. Journal of Advanced Nursing 2003; 41(4): 376-82.

20. Toronto C. Considerations when conducting e-Delphi research: A case study. Nurse Researcher 2017; 25(1): 10-5.

21. Habibi A, Izadyar S & Sarafrazi A. Fuzzy multicriteria decision-making. Rasht: Gil Inscription; 2014: 41-56[Book in Persian].

22. Habibi A, Firouzi-Jahantigh F & Sarafrazi A. Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items. Asian Journal of Research in Business Economics and Management 2015; 5(2): 130-43.

23. Rahdary A & Nasr M. Challenges of think tanks in Iran. Management and Development Process 2017; 30(2): 23-54[Article in Persian].

24. Saifoddin-Asl A, Saghafi F, Zolfagharzadeh MM, Hamidi M & Askarian M. Extracting key indicators of research development based on Ishikawa fuzzy Delphi in healthcare sector. Journal of Strategy 2017; 25(4): 5-26[Article in Persian].

25. Cheng CH & Lin Y. Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. European Journal of Operational Research 2002; 142(1): 174-86.

26. Ghufran H, Azam M, Mehmood A, Umair M, Baig MT, Tasneem S, et al. Adipose tissue and umbilical cord tissue: Potential sources of mesenchymal stem cells for liver fibrosis treatment. Journal of Clinical and Experimental Hepatology 2024; 14(4): 1-15.

27. Heo JS & Kim S. Human adipose mesenchymal stem cells modulate inflammation and angiogenesis through exosomes. Scientific Reports 2022; 12(1): 1-11.

28. Sarugaser R, Hanoun L, Keating A, Stanford WL & Davies JE. Human mesenchymal stem cells self-renew and differentiate according to a deterministic hierarchy. PloS One 2009; 4(8): 1-11.

29. Biondi M, Ungaro F, Quaglia F & Netti PA. Controlled drug delivery in tissue engineering. Advanced Drug Delivery Reviews 2008; 60(2): 229-42.

30. Rambhia KJ & Ma PX. Controlled drug release for tissue engineering. Journal of Controlled Release 2015; 219(1): 119-28.

31. Wang Y, Li Z, Ouyang J & Karniadakis GE. Controlled release of entrapped nanoparticles from thermoresponsive hydrogels with tunable network characteristics. Soft Matter 2020; 16(20): 4756-66.

32. Romagnoli C, D-Asta F & Brandi ML. Drug delivery using composite scaffolds in the context of bone tissue engineering. Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism 2014; 10(3): 155-61.

33. Lukomskyj AO, Rao N, Yan L, Pye JS, Li H, Wang B, et al. Stem cell-based tissue engineering for the treatment of burn wounds: A systematic review of preclinical studies. Stem Cell Reviews and Reports 2022; 18(7732): 1926-55.

34. Lemarchand M, Thouin K, De-Serres-Berard T, Bellenfant S, Cadau S & Berthod F. In vitro glycation of a tissue-engineered wound healing model to mimic diabetic ulcers. Biotechnology and Bioengineering 2023; 120(6): 1657-66.

35. McGrath J. Characterisation and genetic correction/modification of cells from patients with inherited skin diseases: A Feasibility study. Available at: https://www.hra.nhs.uk/planning-and-improving-research/application-summaries/research-summaries/genetic-engineering-of-skin-genos/. 2022.

[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]

36. Precedence Research. Tissue engineering market size, key companies, company market share, patient volume, treatment adoption rates, pricing analysis, regulatory landscape, competitive positioning, and demand forecast. Available at: https://www.precedenceresearch.com/tissue-engineering-market. 2025.

37. Farajpour H, Banimohamad-Shotorbani B, Rafiei-Baharloo M & Lotfi H. Application of artificial intelligence in regenerative medicine. The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam 2023; 11(4): 94-107[Article in Persian].

38. Olson JL, Atala A & Yoo JJ. Tissue engineering: Current strategies and future directions. Chonnam Medical Journal 2011; 47(1): 1-13.

39. Santisteban-Espejo A, Campos F, Martin-Piedra L, Durand-Herrera D, Moral-Munoz JA, Campos A, et al. Global tissue engineering trends: A scientometric and evolutive study. Tissue Engineering Part A 2018; 24(19-20): 1504-17.

40. Lee EJ, Kasper FK & Mikos AG. Biomaterials for tissue engineering. Annals of Biomedical Engineering 2014; 42(2): 323-37.

41. O-Brien FJ. Biomaterials and scaffolds for tissue engineering. Materials Today 2011; 14(3): 88-95.

42. Tajurahim NAN, Mahmood S, Ngadiman NHA & Sing SL. Biomaterials for tissue engineering scaffolds: Balancing efficiency and eco-friendliness through life cycle assessment. Cleaner Environmental Systems 2025; 16(100253): 1-10.

43. Matta C, Ramasamy B & Vinod E. Editorial: Recent advancements in musculoskeletal regenerative medicine. Frontiers in Cell and Developmental Biology; 2025;13(1): 1688419.

44. Jalali SN, Fathi Z & Mohebbi S. Innovative platforms in regenerative Medicine: Bridging research and clinical solutions. Jentashapir Journal of Cellular and Molecular Biology 2025; 16(1): 1-12.

45. Gallo N, Kodra C, Rocco D, Saponaro C, Sannino A & Salvatore L. Regenerative medicine advancements: A systematic review on the combinatory effect of platelet‐rich plasma/fibrin and collagen. International Journal of Biomaterials 2026; 2026(1679626): 1-20.

46. Zhang S, Shang J, Gu Z, Gu X, Wang F, Hu X, et al. Global research trends and hotspots on tendon-derived stem cell: A bibliometric visualization study. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology 2024; 11(1327027): 1-13.

[ Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2026-11-03 ]