

توسعه علوم و فناوری‌های حوزه پزشکی بازساختی در ایران چالش‌ها و راهکارها

ویراستگان
مسعود حسینی
حسام کرامتی
حنیف کازرینی

دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی
مرکز انتشارات راهبردی
تهران - تابستان ۱۳۹۹

سرشناسه	: حسنی، مسعود، ۱۳۶۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: توسعه علوم و فناوری‌های حوزه پزشکی بازساختی در ایران: چالش‌ها و راهکارها/ نویسندگان مسعود حسنی، حسام کرامتی، حنیف کازرونی؛ ناظر ویراستار مرتضی چشمه‌نور.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی، مرکز انتشارات راهبردی، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۲۹۲ص: مصور(بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۲۴۸-۱۳۷-۷
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه : ص. [۲۷۹] - ۲۹۲.
موضوع	: پزشکی -- ایران -- نوآوری
موضوع	: Medicine -- Iran -- Technological innovations
موضوع	: بافت‌ها -- مهندسی
موضوع	: Tissue engineering
شناسه افزوده	: دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی. مرکز انتشارات راهبردی
رده بندی کنگره	: R۶۳۱
رده بندی دیویی	: ۶۱۰/۹۸۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۰۰۷۲



توسعه علوم و فناوری‌های حوزه پزشکی بازساختی در ایران: چالش‌ها و راهکارها

نویسندگان: مسعود حسنی، حسام کرامتی و حنیف کازرونی

ناظر ویراستار: مرتضی چشمه‌نور

صفحه‌آرا: علی مهدی‌زاده

طراح جلد: زهرا مهدوی

نوبت چاپ: اول- تابستان ۱۳۹۹

ناشر: انتشارات دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۴۸-۱۳۷-۷

قیمت: ۵۸۰۰۰۰ ریال

همه حقوق چاپ و نشر این کتاب محفوظ است.

دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی

مرکز انتشارات راهبردی

نشانی انتشارات: تهران. ضلع شمالی بزرگراه شهید بابایی، بعد از اتوبان هنگام، دانشگاه و پژوهشگاه

عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی، انتشارات دانشگاه عالی دفاع ملی

تلفن ۲۲۹۷۰۳۴۳ نشانی اینترنتی: www.sndu.ac.ir

سخن ناشر

دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی به عنوان سازوکاری علمی و سازمانی در توسعه ادبیات راهبردی و آموزش مدیران عالی کشور در حوزه مسائل راهبردی، دفاعی و امنیتی، با بهره‌گیری از بنیان‌ها و نظریه‌های بومی، در صدد تدوین راهبردهای تعالی‌بخش به منظور تحقق اهداف منبعث از رسالت و مأموریت علمی خویش است.

این دانشگاه پژوهشگاه از مراکز علمی کلیدی و حساس در عرصه مسائل راهبردی است که از بدو تشکیل راه‌اندازی آن پس از پیروزی انقلاب شکوهمند اسلامی در صحنه آموزش مسائل دفاعی، امنیتی به منظور کادرسازی متناسب با اهداف مقدس جمهوری اسلامی در سطوح مدیران عالی کشوری و لشکری پیش قدم بوده و وظیفه خطیر خود در جهت آموزش فرماندهان و مدیران عالی تبه کشور را سرلوحه تمامی برنامه‌ها قرار داده است.

این امر هنگامی مهم‌تر می‌نماید که نگاهی پژوهشی و عمیق به پیرامون کشور، منطقه و جهان داشته باشیم؛ چراکه با ظهور تهدیدات نوین در عرصه بین‌الملل، لزوم داشتن چنین قانونی برای به هنگام نگاه داشتن مدیران عالی و فرماندهان نظامی کاملاً ملموس خواهد بود. از سوی دیگر ایده ایجاد تمدنی بزرگ موجب می‌شود تا تلاش و تعهد موجب توسعه همکاری‌ها و ترغیب سازمان‌هایی گردد که برای پیروی از این اهداف متعالی و ایجاد تحول در برنامه‌ها و فعالیت‌ها تولید و توزیع ادبیات راهبردی را یاری نمایند.

با نگرش به این رویکرد و اهمیت موضوع، لزوم تولید و توزیع ادبیات راهبردی در دانشگاه و پژوهشگاه که ماحصل تلاش اساتید و فرهیختگان متخصص در علوم راهبردی و دانش‌آموختگانی است که با نهایت تلاش و کوشش مدت‌زمان مفیدی از دوران زندگی خود را جهت فراگیری مفاهیم و اصول علوم راهبردی و تدوین رساله دکتری در دانشگاه و پژوهشگاه طی نموده‌اند، نمایان می‌گردد.

در این راستا مرکز انتشارات راهبردی دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی در سه حوزه مدیریت راهبردی، دفاع ملی و امنیت ملی با اهتمام به برنامه‌ها و در چارچوب اهداف و مفاهیم عالیه نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران و تدابیر رهبر معظم انقلاب اسلامی و فرماندهی کل قوا حضرت امام خامنه‌ای مد ظله العالی، سعی در انتقال مفاهیم و آموزه‌های خود به سطوح مختلف مدیران و ارکان جامعه داشته و در این بستر دست‌های پرتوانی که نیل به این اهداف را تسهیل می‌نمایند به گرمی می‌فشارد.

و ما توفیقنا انا بالله علیه توکلنا و الیه نئیب
دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی

فهرست مطالب

۱۵	فصل اول: مبانی، مفاهیم و اصول پزشکی بازساختی.....
۱۷	۱-۱ مقدمه، ضرورت و اهمیت.....
۲۱	۲-۱ تبیین اجزای اساسی در پزشکی بازساختی و عملکرد هر جزء.....
۲۲	۱-۲-۱ سلول.....
۲۹	۲-۲-۱ داربست و زیست مواد.....
۳۴	۳-۲-۱ انواع داربست ها.....
۳۶	۴-۲-۱ سیگنال ها.....
۳۸	۳-۱ تعیین اساس رشد و تمایز سلولی.....
۳۸	۱-۳-۱ هسته سلولی.....
۳۹	۲-۳-۱ کنترل بیان رناها.....
۴۳	۳-۳-۱ سیتوپلاسم.....
۴۴	۴-۳-۱ سطح سلول.....
۴۶	۵-۳-۱ رشد و مرگ سلولی.....
۴۶	۴-۱ معرفی انواع روش های مرسوم در ساخت داربست ها و مهندسی بافت.....
۴۷	۱-۴-۱ الکتروریسی.....
۵۰	۲-۴-۱ الکتروریسی مذاب.....
۵۰	۳-۴-۱ جداسازی فاز.....
۵۲	۴-۴-۱ خشکاندن انجمادی.....
۵۳	۵-۴-۱ ریخته گری حلال و ذره شویی.....
۵۳	۶-۴-۱ فوم سازی گازی.....
۵۴	۷-۴-۱ هیدروژل های حاوی سلول.....
۵۴	۸-۴-۱ چاپ زیستی سه بعدی.....
۵۷	۹-۴-۱ چاپ زیستی چهاربعدی.....
۵۷	۱۰-۴-۱ غشاهای نیمه تراوا.....
۵۹	۱۱-۴-۱ سلول زدایی ارگان ها و رشد مجدد سلول روی آن ها.....
۶۰	۱۲-۴-۱ خود گرد هم آیی و خود سازمان دهی.....
۶۰	۵-۱ تعیین پارامترهای مؤثر در جهت عملیاتی شدن ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان.....
۶۲	۶-۱ تبیین اساس طراحی راکتورهای زیستی در جهت عملیاتی شدن ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان.....

۷-۱	اصول مهندسی برای تقلید محیط اصلی بدن.....	۶۳
۸-۱	جمع‌بندی.....	۶۹
فصل دوم:	وضعیت علم و فناوری در حوزه پزشکی بازساختی در جهان و ایران.....	۷۱
۹-۱	مقدمه.....	۷۳
۱۰-۱	رصد و پایش وضعیت علم و فناوری در حوزه پزشکی بازساختی.....	۷۳
۱-۱۰-۱	تعداد آزمایشات بالینی در حوزه ژندرمانی.....	۷۸
۲-۱۰-۱	کشورهای شرکت‌کننده در آزمایشات بالینی در حوزه ژندرمانی.....	۷۹
۳-۱۰-۱	بیم‌ری‌های مورد هدف ژندرمانی.....	۸۱
۴-۱۰-۱	آزمایشات بالینی در حوزه ژندرمانی.....	۸۱
۱۱-۱	رصد محصولات شرکت‌های فعال در حوزه پزشکی بازساختی.....	۸۲
۱۲-۱	برخوردارانی و ویژگی SBL و قابلیت توسعه در آینده.....	۸۷
۱۳-۱	بررسی استارت‌آپ‌های فعال در حوزه پزشکی بازساختی به تفکیک زیرحوزه.....	۹۱
۱-۱۳-۱	استارت‌آپ‌های فعال در حوزه مهندسی بافت.....	۹۱
۲-۱۳-۱	استارت‌آپ‌های فعال در حوزه سکن درون‌تنی.....	۹۵
۳-۱۳-۱	استارت‌آپ‌های فعال در حوزه رشد و نمو.....	۹۸
۱۴-۱	بررسی دانشگاه‌ها، رشته‌ها و نیروی انسانی مرتبط با حوزه پزشکی بازساختی.....	۱۰۴
۱-۱۴-۱	ایالات متحده آمریکا به عنوان نمونه‌ای از بعد جهان.....	۱۰۴
۲-۱۴-۱	بعد ملی.....	۱۰۶
۱۵-۱	رصد شرکت‌ها و محصولات ایرانی.....	۱۱۰
۱۶-۱	بررسی اختراعات حوزه پزشکی بازساختی.....	۱۲۲
۱-۱۶-۱	اختراعات حوزه مهندسی بافت.....	۱۲۳
۲-۱۶-۱	اختراعات حوزه سلول‌درمانی.....	۱۳۰
۳-۱۶-۱	اختراعات حوزه ژندرمانی.....	۱۳۷
۱۷-۱	کاربردهای دفاعی و امنیتی و سرمایه‌گذاری‌های بخش دفاعی.....	۱۴۳
۱۸-۱	نگاهی تحلیلی به سایبورگ، چالش‌ها و بررسی آخرین تحولات، رویکرد DARPA و آژانس‌های مشابه.....	۱۴۹
۱-۱۸-۱	چالش‌ها و نگاهی به آخرین دستاوردها.....	۱۵۱
۲-۱۸-۱	تحلیل امنیتی دفاعی، نگاهی به دارپا.....	۱۵۴
۳-۱۸-۱	نتیجه‌گیری و دورنما.....	۱۵۵

۱۵۷.....	۱-۱۹ آینده پژوهی های انجام شده در سایر کشورها.....
۱۵۹.....	۱-۲۰ جمع بندی.....
۱۶۱.....	فصل سوم: برنامه ریزی راهبردی برای توسعه علم و فناوری در حوزه پزشکی بازساختی.....
۱۶۳.....	۱-۲۱ مرور اسناد بالادستی.....
۱۶۷.....	۱-۲۲ تحلیل SWOT.....
۱۷۷.....	۱-۲۳ اولویت بندی راهبردهای پیشنهادی.....
۱۸۸.....	۱-۲۴ ارائه نظام نوآوری در حوزه ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان با استفاده از چارچوب نگاشت نهادی.....
۱۸۹.....	۱-۲۴-۱ انواع نقش ها در نگاشت نهادی.....
۱۹۱.....	۱-۲۴-۲ مراحل طراحی نگاشت نهادی پزشکی بازساختی.....
۱۹۸.....	۱-۲۴-۳ تحلیل نگاشت نهادی.....
۱۹۸.....	۱-۲۴-۴ تخصیص راهکارها به بازیگران.....
۲۰۱.....	۱-۲۵ اولویت گذاری فناوری های تولید با مدل جذابیت-توانمندی.....
۲۰۲.....	۱-۲۵-۱ نحوه وزن دهی به شاخص های تعیین اولویت فناوری.....
۲۰۳.....	۱-۲۵-۲ تعیین شاخص های جذابیت و توانمندی.....
۲۰۸.....	۱-۲۵-۳ شاخص های جذابیت حوزه های فناورانه پزشکی بازساختی.....
۲۰۹.....	۱-۲۵-۴ شاخص های توانمندی حوزه های فناورانه پزشکی بازساختی.....
۲۱۰.....	۱-۲۵-۵ ارزیابی جذابیت و توانمندی حوزه های مختلف ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان.....
۲۱۳.....	۱-۲۵-۶ رسم ماتریس جذابیت-توانمندی.....
۲۱۴.....	۱-۲۶ سطح آمادگی فناوری.....
۲۲۱.....	۱-۲۷ ترسیم نقشه علم علوم حوزه پزشکی بازساختی.....
۲۲۲.....	۱-۲۷-۱ ترسیم نقشه علم در حوزه مهندسی بافت.....
۲۳۶.....	۱-۲۷-۲ ترسیم نقشه علم در حوزه سلول درمانی.....
۲۵۰.....	۱-۲۷-۳ ترسیم نقشه علم در حوزه ژن درمانی.....
۲۶۳.....	۱-۲۸ جمع بندی.....
۲۶۵.....	فصل چهارم: راهکارهای مواجهه با چالش های توسعه علم و فناوری در حوزه پزشکی بازساختی در کشور.....
۲۶۷.....	۱-۲۹ مقدمه.....
۲۶۷.....	۱-۳۰ تعیین هدف و راهبرد برای توسعه علم و فناوری.....

- ۳۱-۱ الگوی پیشنهادی سیاست‌گذاری برای توسعه علم، فناوری و نوآوری در حوزه روش‌های ساخت و
ترمیم اجزای بدن انسان..... ۲۶۹
- ۳۲-۱ ارائه راهبرد و راهکار توسعه علم، فناوری و نوآوری در حوزه پزشکی بازساختی..... ۲۷۳
- ۳۲-۱-۱ اهداف کلان..... ۲۷۴
- ۳۲-۱-۲ سیاست‌های کلان..... ۲۷۴
- ۳۲-۱-۳ راهبردها و راهکارها..... ۲۷۵
- ۳۳-۱ جمع‌بندی..... ۲۷۸
- منابع..... ۲۷۹

پیشگفتار

کتاب پیش رو حاصل دستاوردهای پژوهشی تحت عنوان «ارائه راهبرد، الگو و راهکار توسعه علم، فناوری و نوآوری در حوزه پزشکی بازساختی» است که در گروه علم و فناوری و نوآوری دفاعی دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی انجام شده است. پزشکی بازساختی شاخه‌ای از پژوهش‌های کاربردی سازی^۱ در مهندسی بافت و بیولوژی سلولی است. به عبارت ساده‌تر، پزشکی بازساختی، استفاده از داده‌ها و نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش‌ها و تحقیق‌ها در رشته‌های مهندسی بافت، بیولوژی سلولی و دیگر زمینه‌های علوم مرتبط، در راستای فرآیند تعویض، مهندسی یا احیای سلول‌ها، بافت‌ها یا ارگان‌های بدن انسان، با هدف بازگردانی عملکرد طبیعی آن‌ها می‌باشد.

چرایی ضرورت غلبه بر این امر، ماضی تحقیق در این حوزه، با کمی تأمل در آمارها، به وضوح روشن می‌گردد. به عنوان مثال، نارسایی قلبی، بیش از ۳۰ میلیون انسان را درگیر کرده است که از این میان حدود ۵۰ درصد افراد مبتلا، در مدت ۵ سال بعد از تشخیص بیماری، جان خود را از دست می‌دهند. ۱۰۰ نفرگیری یک جامعه آماری، در سال ۲۰۵۰ میلادی، بیش از ۳۵٪ مردم اتحادیه اروپا دارای سنی بالاتر از ۶۵ سال خواهند بود؛ این در حالی است که در این دوره سنی، انسان در معرض بسیاری از بیماری‌ها نظیر پوکی استخوان، نارسایی قلبی، و بیماری‌های مرتبط با فرسودگی و از کار افتادگی انواع ارگان‌های حیاتی قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، ۵۰٪ از زنان بالای ۵۰ سال، در معرض استخوان منجر به شکستگی را تجربه می‌کنند و این در حالی است که شدت مرگ بر اثر شکستگی استخوان، ۳۰٪ می‌باشد.

حال که ضرورت تحقیق و پژوهش در این زمینه علمی به طور کامل روشن شد، شاید صحبت در مورد اهمیت آن نیز خالی از لطف نباشد. شایسته است که اهمیت این پژوهش، با وجود بیش از ۴۰ حدیث در مورد اهمیت سلامتی از ائمه اطهار، با حدیثی از امیرالمؤمنین علی(ع) شروع شود که فرمودند: «لباس عافیت و سلامتی برای تن انسان

گواراترین لباس‌ها است.» (فهرست غرر، ص ۲۵۳). در سال ۲۰۱۳، بازار عمومی این حوزه، ۱۷ بیلیون دلار بوده است و پیش‌بینی‌ها حاکی از رسیدن این بازار به حدود ۶۷/۶ بیلیون دلار در سال ۲۰۲۰ و در نتیجه رشد ترکیبی سالانه ۲۳/۲٪ می‌باشد. بنابراین، رشد این حوزه در جمهوری اسلامی ایران، در قدم اول به سلامتی هر چه بیشتر و نجات جان افراد جامعه کمک می‌کند و ثانيا بازار کار بسیار گسترده‌ای را بوجود می‌آورد که مورد دوم، افراد فارغ‌التحصیل از طیف وسیعی از رشته‌های تحصیلات تکمیلی را درگیر می‌کند و همچنین درآمد ارزی بسیار عظیمی را برای کشور در پی دارد.

در این حتم تلاش می‌شود تا در ابتدا به تشریح مبانی، مفاهیم و اصول حوزه ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان پرداخته شود. این قسمت شامل تبیین اجزای اساسی در ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان، عملکرد هر جزء، تعیین اساس رشد و تمایز سلولی، معرفی انواع روش‌های مرسوم و جدید، تبیین پارامترهای مؤثر در جهت عملیاتی شدن ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان می‌شود. سپس به رصد و پایش حوزه ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان، شامل رصد دستاوردها و پیشرفت‌های علم و فناوری در سطح جهانی و ایران، و بازیگران این حوزه پرداخته می‌شود. در ادامه، به تحلیل فرصت‌ها، تهدیدات، نقاط قوت و نقاط ضعف در حوزه ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان، بررسی نظام نوآوری با استفاده از چارچوب نگاشت نهادی و در نهایت ارائه اهدات، راهکارها و راهکارهایی در راستای توسعه و بهره‌برداری مناسب از حوزه ساخت و ترمیم اجزای بدن انسان پرداخته می‌شود.

دکتر حنیف کازرون

عضو هیئت علمی گروه علم، فناوری و نوآوری

دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی