Innovation Management Journal
Vol 13, No 1 (47), Spring 2024
https://www.nowavari.ir

Evaluation of nanotechnology postgraduate courses in Iran

Afshin Ramzi[۱], Hamidreza Arasteh[۲*], Bijan Abdulahi[۳], Hossein Abbasian[۴]

Received: 28/10/2023 **PP: 71-102** **Accepted:** 05/03/2024

Abstract

The field of nanotechnology has always played an important role in the progress of a country and can affect the components of the national economy. After more than two decades have passed since the launch of nanotechnology graduate courses in the country's universities, a comprehensive evaluation of the status of these courses has not been done. Due to the severe dispersion of science and technology policy-making centers in Iran, in recent years, each of them has tried to design and implement their own evaluation systems, but the university scale in evaluation has not been considered so far. The purpose of this research was to evaluate nanotechnology postgraduate courses in Iran. For this purpose, in the first step, by analyzing the content of existing sources and interviewing 8 key informants, the evaluation model of nano graduate education courses in Iran was designed, and in the second step, the status of nano graduate education courses was evaluated by interviewing 11 experts in the nano field. The results showed that the growth of nano science and research in the country and the triple institutionalization of the Iran Nano and Micro Technologies Innovation Council in the ecosystem of nanotechnology education in the country are the most important strengths of these courses. Also, weakness in access to up-to-date laboratory equipment, weakness in the interdisciplinary expertise of professors, weakness in the curriculum of the courses in regard to safety, ethics and nano health considerations, weakness in the definition of international cooperation projects of university education, lack of evaluation and feedback from the results of the activities carried out in Nano postgraduate courses and parallel work in the educational activities of different universities are the most important weaknesses of the courses.

Keywords: evaluation, nanotechnology, education, postgraduate.

Reference: Ramzi, A., Arasteh, H., Abdulahi, B., Abbasian, H. (2024). Evaluation of nanotechnology postgraduate courses in Iran. ***Innovation Management Journal***, 13(1), 71-102.

Doi: https://doi.org/10.22034/imj.2024.207485

۱- Ph.D. Candidate, Faculty of Psychology and Education, Kharazmi University, Tehran, Iran, afshinramzi@yahoo.com.

۲- Corresponding author: Professor of Higher Education Administration, Department of Educational Administration, Faculty of Psychology and Education, Kharazmi University, Tehran, Iran, arasteh@khu.ac.ir.

۳- Professor of Higher Education Administration, Department of Educational Administration, Faculty of Psychology and Education, Kharazmi University, Tehran, Iran.

۴- Associate Professor of Higher Education Administration, epartment of Educational Administration, Faculty of Psychology and Education, Kharazmi University, Tehran, Iran.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۳/ شماره ۱ (۴۷) / بهار ۱۴۰۳
https://www.nowavari.ir

نوع مقاله: پژوهشی

ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی فناوری نانو در ایران

افشین رمضی[۱]، حمیدرضا آراسته[۲]*، بیژن عبدالهی[۳] و حسین عباسیان[۴]

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶ صص: ۷۱-۱۰۲ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۵

چکیده

توسعه فناوری نانو در ایران با درنظرگرفتن آن به‌عنوان یک فناوری اولویت‌دار ملی در اوایل دهه ۱۳۸۰ خورشیدی آغاز شد. ابعاد این توسعه، حوزه‌های علمی، فناورانه و صنعتی مختلفی را در برداشته که مبتنی‌بر توسعه جریان علم نانو در دانشگاه‌های کشور است. پس از گذشت بیش از دو دهه از راه‌اندازی دوره‌های تحصیلات تکمیلی فناوری نانو در دانشگاه‌های کشور، تاکنون ارزشیابی جامعی از وضعیت این دوره‌ها انجام‌نشده است. به‌علت پراکندگی شدید مراکز سیاست‌گذار علم و فناوری در ایران، در سال‌های اخیر هر یک از آنها تلاش کرده‌اند نظام‌های ارزشیابی خاص خود را طراحی و پیاده‌سازی کنند، اما مقیاس دانشگاهی در ارزشیابی، تاکنون موردتوجه قرار نگرفته است. هدف این پژوهش، ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی فناوری نانو در ایران بود. برای این منظور، در گام اول با تحلیل محتوای منابع موجود و با مصاحبه با ۸ نفر از مطلعان کلیدی، الگوی ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در ایران طراحی شد و در گام دوم با مصاحبه ۱۱ نفر از خبرگان حوزه نانو، وضعیت دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در ایران ارزیابی شد. نتایج نشان داد رشد جریان علم و تحقیقات نانو در کشور و نهادسازی‌های سه‌گانه ستاد نانو در زیست‌بوم آموزش این فناوری در کشور از مهم‌ترین نقاط قوت این دوره‌ها هستند. همچنین ضعف در دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی روزآمد، ضعف در تخصص میان‌رشتگی استادان، ضعف برنامه درسی دوره‌ها در توجه به ملاحظات ایمنی، اخلاق و سلامت نانو، ضعف در تعریف پروژه‌های همکاری بین‌المللی آموزش دانشگاهی، عدم ارزشیابی و اخذ بازخورد از نتایج فعالیت‌های انجام‌شده در دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو و موازی‌کاری در فعالیت‌های آموزشی دانشگاه‌های مختلف، از مهم‌ترین نقاط ضعف دوره‌ها می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: ارزشیابی، فناوری نانو، آموزش، تحصیلات تکمیلی.

استناددهی(APA): رمضی، افشین، آراسته، حمیدرضا، عبدالهی، بیژن، و عباسیان، حسین (۱۴۰۳). ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی فناوری نانو در ایران، ***نشریه علمی مدیریت نوآوری***، ۱۳(۱)، ۷۱-۱۰۲.

Doi: https://doi.org/10.22034/imj.2024.207485

۱- دانشجوی دکتری، گروه آموزشی مدیریت آموزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران afshinramzi@yahoo.com

۲- نویسنده مسئول: استادگروه آموزشی مدیریت آموزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، arasteh@khu.ac.ir

۳- استاد گروه آموزشی مدیریت آموزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۴- دانشیار گروه آموزشی مدیریت آموزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

مقدمه

آموزش عالی به‌عنوان یک حوزه تخصصی شامل زیرسیستم‌ها و قلمروهای متعدد ازجمله پژوهش، آموزش، مشاوره، ارزشیابی برنامه‌های درسی پویا و ... است و ارتقاء آن نیازمند یک جهت‌گیری راهبردی و اتخاذ سیاست‌های مبتنی‌بر رشد و ارزشیابی متناسب با تحولات محیطی موجود و بهره‌گیری از آن است (تایچلر[۱]، ۲۰۱۵). دانشگاه‌ها ناگزیر از طراحی و اجرای دوره‌های تحصیلی و برنامه‌های اثربخش برای جذب دانشجو و نیز انعکاس یافته‌ها و پژوهش‌های خود در قالب برنامه‌های درسی اثربخش می‌باشند (گُلدفنچ[۲] و همکاران، ۲۰۰۷). حوزه فناوری نانو به‌عنوان یکی از حوزه‌های پیشرفته فناوری، همواره نقش مهمی در پیشرفت‌های یک کشور داشته و می‌تواند مؤلفه‌های اقتصادی یک کشور را تحت‌تأثیر قرار دهد. هر فناوری جدید که در صنایع استفاده می‌شود، مسائل اجتماعی، اخلاقی، زیست‌محیطی و ایمنی انسانی مرتبطی را ایجاد می‌کند. این مسائل باید در کنار بهبود فناوری نانو مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد تا این فناوری به‌راحتی در صنایع مختلف بدون ایجاد نگرانی‌های اجتماعی و اخلاقی گنجانده شود (مالک[۳] و همکاران، ۲۰۲۳).

در این میان موضوع آموزش نیروی انسانی متخصص و تحصیل‌کرده از اهمیت زیادی در توسعه این فناوری برخوردار است. مؤسسات آموزشی ذی‌ربط باید تلاش کنند برنامه‌هایی برای آموزش‌های روزآمد، کامل و باکیفیت برای دانشجویان و پژوهشگران خود راه‌اندازی کنند (هورتس[۴] و همکاران، ۲۰۲۴). دوره‌های تحصیلات تکمیلی فناوری نانو، مهم‌ترین ابزار نهادی است که موقعیت آموزشی مناسبی را برای این امر فراهم کرده و ارزشیابی آن می‌تواند نقش مؤثری در شناسایی نقاط ضعف و درنتیجه پیشنهاد راه‌کارهایی برای مؤثرتر برگزار کردن این دوره‌ها داشته باشد. دروس فناوری نانو در مقطع کارشناسی به صورت اختیاری یا اجباری ارائه می‌شوند و معمولاً مبانی علم و

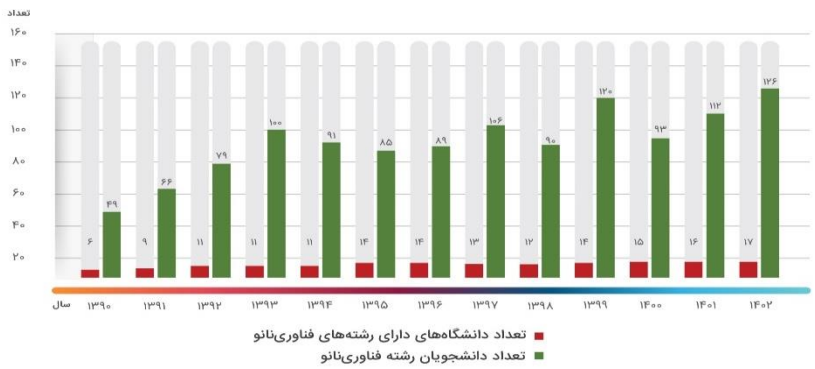
۱- Teichler
۲- Goldfinch
۳- Malik
۴- Huertas

فناوری نانو را پوشش می‌دهند؛ اما در مقطع کارشناسی‌ارشد، دروس به نحوی طراحی می‌شود که مهارت‌های لازم حول مشخصه‌سازی، طراحی، تولید و کاربرد نانو مواد ارائه شود. در مقطع دکتری در رشته فناوری نانو، فرایندهای تحصیلی به نحوی برنامه‌ریزی می‌شود که تمرکز اصلی بر گسترش مهارت‌های پژوهشی دانشجویان در موضوعات تخصصی نانو و آموختن نحوه مدیریت پروژه ازنقطه‌نظر علمی باشد. فناوری نانو به‌عنوان دوره‌ای مستقل یا به‌عنوان یکی از گرایش‌های رشته‌های تحصیلی علم مواد، فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و ... تقریباً در همه دانشگاه‌های فنی سرتاسر جهان ارائه می‌شود[۱]. نانو مانند هر فناوری دیگر به تشکیلات، بدنه مدیریتی و کارشناسی برای توسعه و تکمیل زنجیره علم تا ثروت نیاز دارد. پس از تشکیل ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در سال ۱۳۸۲ فعالیت‌های مرتبط با توسعه نیروی انسانی موردنیاز، به صورت هدف‌دار و ساختارمند در کارگروه منابع انسانی این ستاد آغاز شد. پس از تشکیل کارگروه علمی نانو در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، راه‌اندازی رشته فناوری نانو و برگزاری دوره‌های تحصیلات تکمیلی این رشته در دانشگاه‌های کشور مورد بررسی قرار گرفت. دانشگاه تهران برای اولین بار رشته علوم و فناوری نانو را در سال ۱۳۸۴ راه‌اندازی کرد. الکترونیک، نانو مهندسی شیمی و نانو مواد، اولین رشته/ گرایش‌های نانو در دانشگاه‌های کشور بودند.

حمایت‌های تشویقی درنظرگرفته‌شده از سوی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (به‌اختصار ستاد نانو) باعث تمایل بیشتر دانشگاه‌ها، استادان و دانشجویان به برگزاری و مشارکت در دوره‌های تحصیلات تکمیلی این رشته شد. ثمره اقدامات کشور درزمینهٔ توسعه نیروی انسانی، وجود بیش از ۴۰۰۰۰ پژوهشگر نانو اعم از استادان و دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی در سال ۱۴۰۲ بود. این رقم در سال ۱۳۸۰ حتی به تعداد انگشتان دودست نمی‌رسید. بدیهی است که دستگاه‌های دولتی و به‌ویژه دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور، نقش اصلی را در این زمینه ایفا کرده‌اند. پس از گذشت نزدیک به بیست سال از راه‌اندازی دوره‌های تحصیلات تکمیلی رشته نانو در کشور و با توجه به

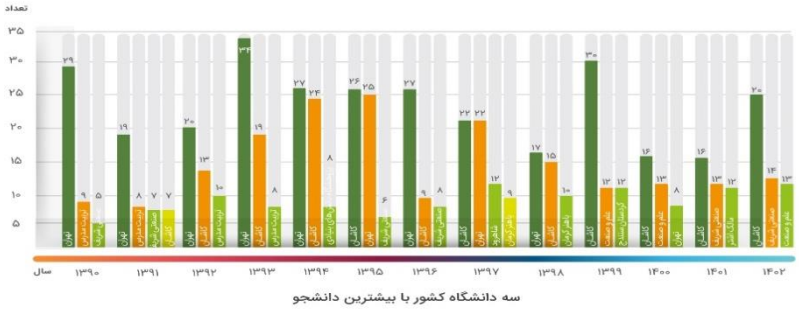
۱- Statnano, 2019

سیاست‌های تشویقی ستاد توسعه فناوری نانو تعداد دانشگاه‌ها، استادان و دانشجویان این رشته به شکل فزاینده‌ای افزایش‌یافته‌اند. نمودار ۱، تعداد دانشگاه‌های دارای رشته‌های فناوری نانو و تعداد دانشجویان رشته‌های فناوری نانو در مقطع دکتری را از ابتدای دهه ۱۳۹۰ تاکنون نشان می‌دهد.



نمودار ۱. تعداد دانشگاه‌های دارای رشته‌های فناوری نانو و تعداد دانشجویان رشته‌های فناوری نانو در مقطع دکتری در ایران (۱۴۰۲-۱۳۹۰)

همچنین سه دانشگاه کشور با بیشترین دانشجو در مقطع دکتری رشته‌های فناوری نانو در نمودار ۲ مشخص شده‌اند.



نمودار ۲. سه دانشگاه کشور با بیشترین دانشجو در مقطع دکتری رشته‌های فناوری نانو

از زمان عزم جدی کشور به توسعه فناوری نانو، اهمیت نیروی انسانی همواره موردتوجه متولیان امر بود، چراکه پایداری توسعه فناوری و خودکفایی در آن را نیازمند دانش بومی و نیروی متخصص داخلی می‌دانستند. پرورش

نیروی انسانی متخصص از نخستین محورهای موردتوجه ستاد نانو در سیاست‌گذاری این فناوری در کشور بوده است. در این میان بدون ارزشیابی عملکرد دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو، نمی‌توان فهمید که تا چه میزان سیاست‌گذاری به‌درستی انجام‌شده است (مصاحبه‌شونده شناسه ۲). همچنین مشخص نیست آیا نیروی انسانی موردنیاز به‌خوبی تربیت و تأمین شده‌اند؟ در صورت عدم توانمندی نیروی انسانی در آینده در پیدا کردن شغل با مشکل مواجه می‌شود (مصاحبه‌شونده شناسه ۴). کشور منابع محدودی داشته و در توسعه فناوری و تجاری‌سازی رقابت شدیدی وجود دارد که عمدتاً مبتنی بر نیروی انسانی است. اگر ما نظام آموزش عالی را بهینه‌سازی نکنیم، اتلاف منابع صورت گرفته و درنتیجه کارایی پایین آمده و از رقابت بین‌المللی عقب خواهیم افتاد (مصاحبه‌شونده شناسه ۶). به‌علت پراکندگی شدید مراکز سیاست‌گذار علم و فناوری در ایران، در سال‌های اخیر هر یک از آنها تلاش کرده‌اند نظام‌های ارزشیابی خاص خود را طراحی و پیاده‌سازی کنند. درزمینهٔ ارزشیابی سطح کلان علم و فناوری و سیاست‌های آن، تلاش‌های دیگری نیز در کشور آغازشده است؛ ازجمله ارزشیابی‌های کلان علم و فناوری در جمهوری اسلامی ایران توسط شورای عالی انقلاب فرهنگی و ارزشیابی سیاست‌های علم و فناوری مراکز تحقیقاتی دستگاه‌های اجرایی توسط معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری. همچنین، ستاد راهبری نقشهٔ جامع علمی کشور به‌منظور پیاده‌سازی اهداف نقشهٔ جامع علمی کشور، شورای عالی عتف در تصویب آیین‌نامهٔ اجرایی نظام پایش و ارزشیابی علم، فناوری و نوآوری کشور و پژوهشگاه ایرانداک در راه‌اندازی سامانه‌های متنوعی همچون ساعت‌نما اقداماتی انجام داده‌اند. خبرگان حوزهٔ سیاست‌گذاری علم و فناوری معتقدند که یکی از دلایل ناکارآمدی نظام ارزشیابی فعلی، از الگوی طراحی‌شده ناشی شده است و لازم است با توجه به تجربهٔ پیشین در آن تغییراتی اعمال شود (قاضی نوری و فراز کیش، ۱۳۹۷). برای پاسخ به مسئله یادشده، این پژوهش با هدف ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در ایران انجام شد.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۳/ شماره ۱ (۴۷) / بهار ۱۴۰۳

پیشینه پژوهش

ابعاد و مؤلفه‌های موردنظر در پژوهش‌های موجود درباره ابعاد و مؤلفه‌های ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ابعاد و مؤلفه‌های ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی

ابعاد	مؤلفه‌ها	منابع مرتبط
اهداف برنامه درسی	پاسخگویی به نیاز شغلی و حرفه‌ای دانشجو	(یارمحمدیان، ۱۳۹۵)، (نوروززاده، محمودی، فتحی واجارگاه و نوه ابراهیم، ۱۳۸۵)، (دیباواجاری، یمینی دوزی سرخابی، عارفی و فردانش، ۱۳۹۰)، (سبحانی‌نژاد و شاه‌حسینی، ۱۳۹۱)، (فتحی واجارگاه، عارفی و شرف، ۱۳۸۸)، (فتحی واجارگاه، ۱۳۹۲)، (حاجی‌زاده، آتشک، ۱۳۹۴)، (کان و لاو[۱]، ۲۰۱۵)، (میلر، گرین اِوی و اِشمیت[۲]، ۲۰۱۷)، (کای، یانگ بِلاد، کُودیرِوا و کِزیاکمِتوف[۳]، ۲۰۱۷)، (کارنل و فانگ[۴]، ۲۰۱۷)، (فانگ[۵]، ۲۰۱۷)، (توماس، هاردن- تیو، دلهانتی و دین[۶]، ۲۰۱۶)
	توسعه مهارت‌های کاربردی و پاسخ به نیازهای صنایع و جامعه	
هیئت‌علمی	همکاری اعضای هیئت‌علمی	(آراسته، ۱۳۸۵)، (حجازی، پرداختچی و شاه‌پسند، ۱۳۸۸)، (زاهدی و بازرگان، ۱۳۹۲)، (نورشاهی و سمیعی، ۱۳۹۰)، (تقی‌پور ظهیر، ۱۳۸۹)، (عارفی، قهرمانی و طاهری، ۱۳۸۹)، (قورچیان، اجتهادی، جعفری و شفیع‌زاده، ۱۳۹۰)، (داورپناه، هویدا و صیادی[۷]، ۲۰۱۹)، (خدارحمی، خسروی و عبدالملکی[۸]، ۲۰۱۹)، (صالحی‌زاده، قورچیان، داودی و قلاوندی[۹]، ۲۰۱۹)، (گِلِسپی و رابرتسون[۱۰]، ۲۰۱۰)
	همکاری اعضای هیئت‌علمی و صنایع	
	ارتقاء اعضای هیئت‌علمی	
زیرساخت	داشتن تجهیزات روزآمد	(کرامتی، ۱۳۸۷)، (علیائی، ۱۳۹۳)، (علیائی، ۱۳۹۷)، (گودرزی و قربانی، ۱۳۹۸)، (حاجی‌زاده‌اقدم، آقابابائی و علیائی، ۱۳۹۹)، (آقایی و علیائی، ۱۳۹۹)، (علیائی و رسولی‌فرد، ۱۳۹۹)، (علیائی و رادان، ۱۴۰۰)
	ارتباط با مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری	
اداره کردن	اهداف متمرکز یا	(نصر، مونیدز و کامرون، ۱۳۹۱)، (ذاکر صالحی، ۱۳۸۳)، (ثابتی، همایون سپهر و

۱- Khan & Law
۲- Millear, Greenaway, & Schmidt
۳- Cai, Youngblood, Khodyreva, & Khuziakhmetov
۴- Carnell & Fung
۵- Fung
۶- Thomas,Harden-Thew, Delahunty & Dean
۷- Davarpanah, Hoveida & Sayadi
۸- Khodarahmi, Khosravi & Abdolmaleki
۹- Salehizade, Ghorchian, Davoodi & Ghalavandi
۱۰- Gillespie & Robertson

ابعاد	مؤلفه‌ها	منابع مرتبط
(حکمرانی)	استقلال	احمدی، ۱۳۹۳)، (فراست‌خواه، ۱۳۸۹)، (توفیقی داریان، ۱۳۸۸)، (قدیمی و محمدی‌نژاد، ۱۳۹۰)، (دیویس و دانِل[۱]، ۲۰۰۶)، (ثوراب- اِنکوسی و مارشال[۲]، ۲۰۰۹)، (دوبنز، نیل و وگتِل[۳]، ۲۰۱۱)، (گلاید[۴] و همکاران، ۲۰۰۷)، (دِباکرِی و ویوگِلرز[۵]، ۲۰۰۵)، (نیمِن[۶]، ۲۰۱۰)، (فِرلی، موسلین و آندرسانی[۷]، ۲۰۰۹)، (دوبنز و نیل[۸]، ۲۰۰۹)
	استفاده از تجربیات کشورهای دیگر	
	استفاده از ارزشیابی‌های پیشین	

مبانی نظری

ارزشیابی آموزش نانو، نیازمند یک دوره توسعه حرفه‌ای[۹] فناوری نانو برای مدرسان است که دانش آنها را روزآمد می‌کند و آنها را برای ادغام تحقیقات علمی معاصر در برنامه درسی علوم موجود آماده می‌کند (جونز و همکاران، ۲۰۲۰). بلوندر و مملوک نامن[۱۰] (۲۰۱۶) دریافتند با وجود این، یکی از چالش‌های بزرگ آموزش علوم و فناوری نانو، کاربردی کردن آن به صورت دوره‌های کاربردی آموزشی و ادغام آن در برنامه درسی دانشگاه است (سِگورس و اِستاورو[۱۱]، ۲۰۱۹). برای این منظور، تهیه مواد مناسب برای تدریس موردنیاز است. مطالعات نشان داده‌اند که مشارکت دادن مدرسان و حمایت از آنها در فرایند تفسیر و تدوین برنامه درسی نانو به شکل معنادار در تدریس آنها نقش دارد (جونز، بلوندر و کاهکُنن[۱۲]، ۲۰۲۰). یکی از چالش‌های دوره‌های توسعه حرفه‌ای، ایجاد ارتباط مستقیم بین محتوای دوره و چگونگی استفاده کاربردی از آن در محیط کار توسط فراگیران است (میلیگان و لیتِلجان[۱۳]، ۲۰۱۴) که

۱- Davies & Dunnill
۲- Thurab-Nkhosi & Marshall
۳- Dobbins, Knill & Vögtle
۴- Glied
۵- Debackere & Veugelers
۶- Niemann
۷- Ferlie, Musselin & Andresani
۸- Dobbins & Knill
۹- Professional Development (PD)
۱۰- Blonder & Mamlok-Naaman
۱۱- Sgouros & Stavrou
۱۲- Jones, Blonder, & Kähkönen
۱۳- Milligan & Littlejohn

بخشی از تلاش برای ارتقای دانش مدرسان علوم و فناوری نانوست (بلوندر[۱]، ۲۰۱۱). نتایج برخی از تحقیقات بر اهمیت تقویت ارتباط دانشگاه و صنعت در ارزشیابی دوره‌های آموزشی تأکید دارد. توصیه این تحقیقات تأکید دارد که به دانشجویان اجازه دهید تا بتوانند مطابق با نیاز شغلی و حرفه‌ای خود و مطابق با نیاز بازار کار از دوره‌های عملی و کاربردی بهره‌مند شوند. آموزش دانشگاهی باید دربرگیرنده دوره‌های کاربردی با هدف توانمند کردن دانشجویان به‌منظور تربیت نیروی کار مناسب جامعه و صنعت باشد. برخی پژوهشگران در ارزشیابی آموزش نانو بر نقش مدرسان تأکید می‌کنند. علم نانو در برنامه‌های درسی دانشگاه‌ها در پاسخ به توسعه علم نانو بوده و مأموریت مدرسان القا و برانگیختن کنجکاوی دانشجویان برای یادگیری مهارت‌های موردنیاز بازار کار است.

مدرسان، برنامه‌های علوم و فناوری نانو را طراحی می‌کنند تا به دانشجویان مهارت‌های موردنیاز برای نیروی کار موردنیاز صنعت و جامعه را آموزش دهند (مُردِی[۲] و همکاران، ۲۰۱۰). مدرسان و دانشمندان فناوری نانو در حال انتشار ایده‌ها، اطلاعات و تجربیات از طریق کارگاه‌ها، ارائه اجلاس‌ها، مقالات مجلات، کتاب‌ها، وب‌سایت‌ها و سازمان‌های حرفه‌ای هستند (وینکلمن، برناس و صالح[۳]، ۲۰۱۴). دیگر جنبه مهم در ارزشیابی آموزش نانو، توجه به جنبه‌های اخلاقی است. اصول اخلاقی مربوط به فناوری‌هایی که در مقیاس نانو قرار دارند، عرصه‌ای میان‌رشته‌ای برای بررسی مسائل اخلاقی مربوط به فناوری نانو ایجاد می‌کنند. این عرصه حاوی بررسی‌های سخت‌گیرانه فلسفی و علمی مسائل اخلاقی و اجتماعی و همچنین نگرانی‌های عمومی و سیاست‌گذارانه موجود در تحقیق و توسعه فناوری نانوست. همراه با فناوری نانو، مباحث اخلاقی درباره میزان خطر آن برای نسل بشر، محیط‌زیست و نحوه دسترسی به این فناوری و توزیع عادلانه آن پدید آمده است. نانو مواد با ویژگی نوظهور خود، می‌توانند سلامت انسان و جانوران را تحت‌تأثیر قرار دهد. نگرانی‌ها درباره ورود نانو مواد از طریق تنفس، پوست و دهان و انتقال آن به اندام‌های مختلف بدن، افزایش

۱- Blonder
۲- Murday
۳- Winkelmann, Bernas, & Saleh

یافته است و ازآنجاکه اطلاعات و پژوهش‌ها درباره تأثیرات نانو مواد بر روی انسان و محیط‌زیست، هنوز به‌اندازه کافی نیست، انجام پیشگیری‌های لازم و حفظ موازین اخلاقی، در استفاده از آنها بسیار ضروری است (حیدری، ۱۳۸۶). ازجمله تلاش‌های مؤثر در حوزه مسائل ایمنی و اخلاقی نانو فناوری در جهان می‌توان به گزارش شورای بین‌المللی نظارت و مدیریت بر احتمال خطر[۱] ، گزارش مرکز جهانی کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها [۲] اشاره کرد. در ایران نیز برخی پژوهشگران به بررسی میزان توجه به مقوله اخلاق در سیاست‌گذاری و آموزش نانو پرداخته‌اند. براساس یافته برخی پژوهشگران، در بخش منابع رسمی ایران، در سند راهبرد ده‌ساله و سند تکمیلی دوم راهبرد آینده فناوری نانو تنها در دو قسمت، به توجهات ایمنی و اخلاقی نانو فناوری اشاره‌شده است.

بررسی مقالات ایرانی در مورد اولویت‌بندی‌های نانو فناوری در ایران نیز نشان می‌دهد که اولویت‌های موردنظر صاحب‌نظران بیشتر در محدوده انتقال فناوری، توسعه و تجهیز زیرساخت‌های نانو فناوری و امکان‌سنجی عملی اجرای تحقیقات نانو در ایران است. اگرچه توجه به مسئله نانو فناوری و پیشرفت آن در کشور، بسیار مطلوب بوده است، اما توجه به مسائل ایمنی و اخلاقی، به همین اندازه مطلوب نبوده است (بطحایی، لاریجانی، دیناروند، آرامش و افتخار اردبیلی، ۱۳۸۸). عامه مردم با الزامات اخلاقی این فناوری نوظهور آشنایی کمی دارند. در این راستا به‌تازگی کتابی منتشر شده است که فلسفه پیرامون این مباحث مهم را بررسی کرده است. در حال حاضر دولت‌های کشورهای مختلف دنیا، سرمایه‌گذاری‌های کلانی درزمینه تحقیق و توسعه فناوری نانو انجام می‌دهند، اما با وجود این عامه مردم از الزامات اخلاقی این فناوری نوظهور مطلع نیستند. درواقع ابعاد سیاستی، اجتماعی و اخلاقی فناوری نانو کمتر موردتوجه قرارگرفته است. کاربردهای نظامی، پزشکی و سوءاستفاده از فناوری نانو از دیگر ملاحظات مربوط به توسعه این فناوری نوظهوراست[۳]. کارگروه علم و فناوری کنگره ایالات‌متحده آمریکا به دنبال

۱- International Risk Governance Center (IRGC)
۲- Centers for Disease Control and Prevention (CDC)
۳- (https://news.nano.ir/33331)

تـدوین مقرراتـی اسـت تـا تـلاش‌هـای دولـت فـدرال درزمینـه چگـونگی مـدیریت خطرهـای ایمنـی، زیسـت‌محیطـی و سـلامت نـانو مـواد مهندسـی‌شـده و همچنـین جنبه‌هـای اخلاقـی و اجتمـاعی فنـاوری نـانو را تقویـت کنـد. بـه اعتقـاد کارشناسـان، هر فنـاوری نوظهـوری فرصـت‌هـای جدیـدی را ایجـاد مـی‌کنـد تـا ذی‌نفعـان مختلـف در مباحـث اخلاقـی و اجتمـاعی مشـارکت کننـد. تکامـل فنـاوری نـانو، هنـوز در مراحل آغازین خـود قـرار دارد و هنـوز زمـان کـافی بـرای بحـث و بررسـی پیامـدهای خواسـته و ناخواسـته آن وجـود دارد[۱]. موضـوع دیگـری کـه در ارزشـیابی آمـوزش علـم و فنـاوری بایـد مـورد توجـه قـرار گیـرد، مهـارت‌هـای اشـتغال‌پـذیری دانـش‌آموختگـان دانشـگاهی نـانو اسـت. بررسـی‌هـا نشـان مـی‌دهـد افـزون‌بـر مهارت‌هـای سـخت و صـلاحیت‌هـای رسـمی، کارفرمایـان همچنـین بـه مهـارت‌هـا یـا شایسـتگی‌هـای عملـی کارکنـان جدیـد آینـده بـرای انجـام موفقیـت‌آمیـز وظـایف کاری مختلـف اهمیـت مـی‌دهنـد. بیشـتر کارفرمایـان بـه‌دنبـال کاندیـداهایی هسـتند کـه در ارتباطـات، فنـاوری، حـل مسـئله و کـار گروهـی مهـارت داشـته باشـند. نتـایج مطالعـه توسـط بـروور[۲] تأییـد شـده اسـت کـه کارکنـان بایـد توانـایی یـادگیری و سازگاری مـداوم داشـته باشـند: مهـارت‌هـای ارتبـاطی؛ توانـایی حـل مسـئله مسـتقل؛ مهارت‌هـای فناورانـه، مهـارت‌هـای تفکـر خـلاق و توانـایی کـار در یـک گـروه (بـروور، ۲۰۱۳). افزون‌بـر ایـن، کارفرمایـان انتظـار دارنـد کـه ایـن مهـارت‌هـای نـرم، تخصـص فنـی را کـه جوینـدگان کـار در اختیاردارنـد، حفـظ کنـد، بنـابراین آنهـا مـی‌تواننـد مشـکلاتی را حـل کننـد کـه در حـین کـار بـا آنهـا مواجـه مـی‌شـوند (واگِسـکار[۳] و همکاران، ۲۰۱۷).

روش‌شناسی پژوهش

در بخش اول تحقیق، جامعـه پـژوهش شـامل مقـالات، کتـاب‌هـا، گـزارش‌هـا و اسـناد مکتوب بودنـد. گفتنـی اسـت کـه معیـار انتخـاب ایـن منـابع، ارتبـاط آنهـا بـا مفهـوم ارزشیابی آموزش و دوره هـای آموزشـی بـوده اسـت کـه ایـن مفـاهیم یـا در عنـوان یـا

۱- (https://news.nano.ir/32126)
۲- Brewer
۳- Wagaskar

چکیده قیدشده‌اند. مقالات، کتاب‌ها، گزارش‌ها و اسناد مکتوب، موردمطالعه و سپس مواد مرتبط، تحلیل (کیفی) شد و معیارهایی برای ارزشیابی دوره‌های آموزشی استخراج شدند. درنتیجه معیارهای اولیه برای ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی شناسایی شد. در ادامه در مرحله اول با ابزار مصاحبه، ابعاد اولیه استخراج‌شده به اظهارنظر ۸ نفر از مطلعان کلیدی به شرح جدول ۲ رسیده و اصلاح و تکمیل شد. جامعه آماری در این مرحله از پژوهش، شامل متخصصان و پژوهشگران آشنا با حوزه ارزشیابی، سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و مدیریت آموزشی بودند. نحوه انتخاب آنها به صورت گزینشی و براساس ویژگی‌هایی نظیر تجربه و دانش در مورد موضوع، تمایل و زمان کافی برای شرکت در تحقیق و در دسترس بودن انجام شد. ویژگی‌های نمونه در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲. مصاحبه‌شوندگان مرحله اول پژوهش

ردیف	تخصصی	شغل
۱	برنامه‌ریزی درسی	هیئت‌علمی دانشگاه
۲	ارزشیابی آموزشی	هیئت‌علمی دانشگاه
۳	سیاست‌گذاری آموزشی	هیئت‌علمی دانشگاه
۴	مدیریت اجرایی	هیئت‌علمی دانشگاه
۵	مدیریت راهبردی	هیئت‌علمی دانشگاه
۶	خط‌مشی‌گذاری	هیئت‌علمی دانشگاه
۷	سیاست‌گذاری عمومی	هیئت‌علمی دانشگاه
۸	مدیریت فناوری	هیئت‌علمی دانشگاه

برای تحلیل داده‌ها، تلاش شد ضمن دریافت نظرات صاحب‌نظران در تأیید مؤلفه‌های شناسایی‌شده، نظرات تصحیحی و تکمیلی آنها نیز درباره الگو و مؤلفه‌ها مورداستفاده قرار گیرد. درنهایت، الگوی نهایی بخش کیفی تدوین شد. برای بررسی روایی الگو، از تأیید اعضا و مشارکت‌کنندگان و نیز شیوه تلفیق یا همسوسازی داده‌ها استفاده‌شده است. در این مطالعه، برداشت‌های پژوهشگر، ضمن انجام دادن مصاحبه با مصاحبه‌شوندگان کنترل می‌شد تا احتمال هرگونه سوءبرداشتی از صحبت‌های آنها مرتفع شود. همچنین در استخراج شناسه‌ها، تدوین شاخص‌ها و مقوله‌بندی آنها، از نظرات مصاحبه‌شوندگان بهره‌گیری شده

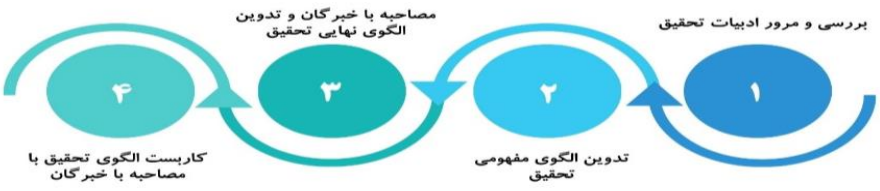
است. در این پژوهش، از سویی مصاحبه با خبرگان و صاحب‌نظران انجام‌گرفته و از سوی دیگر، اسناد موردبررسی و تحلیل محتوا قرارگرفته است. داده‌های به‌دست‌آمده از مصاحبه، تأییدکننده داده‌های به‌دست‌آمده از مطالعه و بررسی اسناد هستند. درزمینه پایایی نیز، از روش توافق یا همخوانی میان دو نفر استفاده‌شده است. با استفاده از فرمول اسکات، ضریب توافق به‌دست‌آمده از دو شناسه‌گذار ۰/۸۱ است که حاکی از توافق و همخوانی بالا و نیز ضریب پایایی مناسب است. در مرحله دوم با هدف ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی فناوری نانو در ایران با فعالان و خبرگان حوزه آموزش و برنامه‌ریزی آموزش فناوری نانو و همچنین خبرگان مرتبط با سیاست‌گذاری و ارزشیابی آموزشی، مصاحبه‌های عمیق انجام شد. در انتخاب مصاحبه‌شوندگان از روش نمونه‌گیری قضاوتی و هدفمند استفاده‌شده است. معیارهای انتخاب مصاحبه‌شوندگان عبارت‌اند از: سابقه مدیریتی یا کار کارشناسی بالای ۳ سال در حوزه آموزش فناوری نانو و سیاست‌گذاری آموزشی نانو، دارای تجربه (مدیریتی، پژوهشی) درزمینهٔ ارزشیابی برنامه‌ها و استادان دانشگاه و صاحب‌نظران برنامه‌ریزی آموزشی، مدیریت دولتی و سیاست‌گذاری که دارای سابقه تألیف درزمینه ارزشیابی برنامه یا سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی حوزه نانو بودند. درمجموع با ۱۱ نفر به شرح جدول ۳ مصاحبه شد:

جدول ۳. مشخصات خبرگان مصاحبه‌شونده در مرحله دوم پژوهش

شناسه مصاحبه‌شونده	حوزه تخصصی	سابقه مدیریتی
۱	نانو شیمی	۴
۲	نانو فیزیک	۵
۳	نانو شیمی	۸
۴	نانو فیزیک	۵
۵	نانو فیزیک	۷
۶	نانو مواد	۹
۷	نانو مواد	۱۱
۸	نانوبیو	۱۵
۹	نانوبیو	۱۶
۱۰	نانو الکترونیک	۵
۱۱	نانو الکترونیک	۵

مصاحبه‌ها تا اشباع نظری داده‌ها ادامه یافت. بازه زمانی گردآوری اطلاعات و انجام مصاحبه‌ها در طی دی‌ماه تا اسفندماه سال ۱۴۰۲ بوده است. مصاحبه با طرح پرسش‌های مرتبط انجام شد. اگر مصاحبه‌شوندگان در مواردی خواهان توضیحات بیشتری بودند، تبیین لازم انجام می‌شد. میانگین مدت‌زمان مصاحبه‌ها ۳۰ دقیقه بود. برای تحلیل داده‌های مرحله دوم از فن تحلیل محتوا استفاده شد. تحلیل محتوا، روشی منعطف در مطالعات کیفی است که به پژوهشگر اجازه می‌دهد روی‌داده‌ها تمرکز کند. این روش برای شناسایی، تحلیل و گزارش الگوهای موجود در داده‌ها مناسب است. روش یادشده به پژوهشگر این امکان را می‌دهد که جنبه خاصی از یک پدیده را به‌طور عمیق موردمطالعه قرار دهد. ازآنجاکه داده‌های کیفی پیچیده است، روشی ساختارمند مانند تحلیل محتوا برای تحلیل این داده‌ها مناسب است (فرانکفورت[۱] و نچمیاس[۲]، ۱۳۸۲). گام‌های تحلیل محتوا عبارت‌اند از: تعریف واحد یا زمینه تحلیل، توسعه دسته‌بندی‌ها و روش شناسه‌گذاری، آزمون اولیه نقشه شناسه‌گذاری بر روی یک نمونه، شناسه‌گذاری تمام متن، ارزشیابی سازگاری روش شناسه‌گذاری اعمال‌شده، نتیجه‌گیری براساس شناسه‌گذاری یا زمینه‌ها و ارائه نتایج.

فرایند و ترتیب اقدامات انجام‌شده در این پژوهش مطابق با شکل ۱ نشان داده شده است.



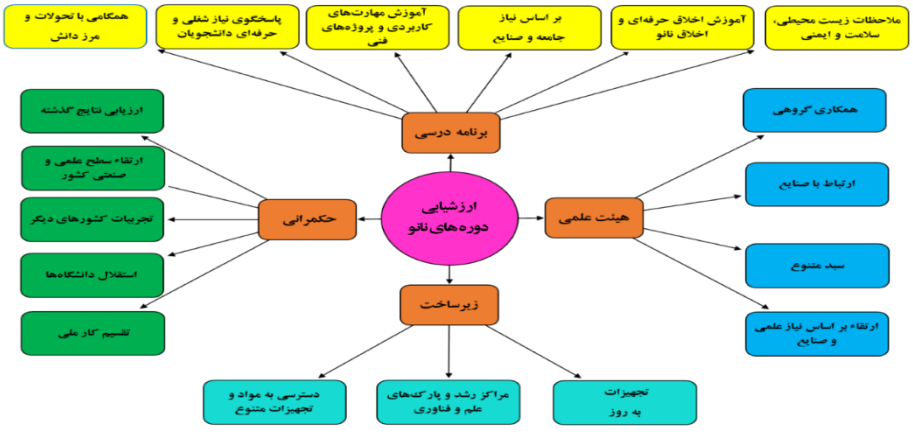
شکل ۱. فرایند و ترتیب اقدامات انجام‌شده در پژوهش

۱- Frankfort
۲- Nachmias

یافته‌های پژوهش

الگوی ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در ایران

الگوی نهایی پژوهش (الگوی ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو)، حاصل جمع‌بندی ادبیات پژوهش و مصاحبه با خبرگان مربوط است که در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. الگوی ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در ایران

ارزشیابی دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در ایران

نتایج به‌دست‌آمده از ارزشیابی مصاحبه‌شوندگان درباره عناصر اصلی دوره‌های تحصیلات تکمیلی فناوری نانو ایران، در این بخش گزارش شده است.

همگامی با تحولات و مرز دانش

از نظر مصاحبه‌شوندگان، همگامی برنامه درسی با تحولات و مرز دانش در ایران وجود دارد، ولی نقش استادان و اراده آنها در روزآمدسازی منابع تدریس آنها نیز مهم است.

مصاحبه‌شونده شناسه ۱ بر این باور است که به‌طور طبیعی هر پنج سال می‌شود سرفصل‌ها را تغییر داد و روزآمدسازی کرد که این قاعده برای همه رشته‌ها در وزارت علوم هست و بیشتر دانشگاه‌ها، این کار را انجام می‌دهند

(ابتدا دانشگاه‌های بزرگ و سپس دانشگاه‌های کوچک). این موضوع در رشته‌های نانو اتفاق می‌افتد، اما در واقعیت برخی استادان، تغییرات را اعمال نمی‌کنند.

پاسخگوی نیاز شغلی و حرفه‌ای دانشجو

یکی از مؤلفه‌های مهم برای ارزشیابی آموزش نانو، تدوین مواد درسی مناسب برای تدریس است. مطالعات نشان داده‌اند که مشارکت دادن مدرسان و حمایت از آنها در فرایند تفسیر و تدوین برنامه درسی نانو به شکل معنادار در تدریس آنها نقش دارد (جونز، بلوندر و کاهکُنن، ۲۰۲۰). یکی از چالش‌های دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو، ایجاد ارتباط مستقیم بین محتوای دوره و نیازهای محیط کار حرفه‌ای و جامعه است (میلیگان و لیتِلجان، ۲۰۱۴).

اغلب مصاحبه‌شوندگان بر ضعف آموزش دانشگاهی نانو از منظر پاسخگویی به نیاز شغلی دانشجویان تأکید می‌کنند. البته این ضعف در سال‌های اخیر با توسعه شتاب‌دهنده‌ها، مراکز آموزش مهارت و ... کمتر شده است.

مصاحبه‌شونده شناسه ۸ می‌گوید: «ما در مقالات علمی در مورد نانو رشد کردیم، ولی در حوزه تجاری‌سازی و کارآفرینی باید بیشتر کار بشود و درس‌هایی بیشتری داشته باشیم».

توجه به نیاز صنایع و جامعه

نتایج برخی از تحقیقات بر اهمیت تقویت ارتباط دانشگاه و صنعت در ارزشیابی دوره‌های آموزشی تأکید دارد. توصیه این تحقیقات تأکید دارد که به دانشجویان اجازه دهید مطابق با نیاز شغلی و حرفه‌ای خود و مطابق با نیاز بازار کار به دوره‌های آموزشی دسترسی داشته باشند. یکی از مصاحبه‌شوندگان در این زمینه می‌گوید: «دروس ارائه‌شده صرفاً نظری محض و فاقد دوره‌های عملی است و لازم است همانند برنامه درسی دوره دکتری نانو در کشورهای پیشرو، دانشجویان دکتری در طول دوره تحصیل، مهارت‌های عملی با تجهیزات آزمایشگاهی نانو هرکدام به مدت حداقل ۶۰ ساعت، زیر نظر استادان مجرب و با ارائه گواهی دوره، کسب کنند». مصاحبه‌شونده دیگر می‌گوید: «تا زمانی که

صنایع در کشور ما به دنبال نوآوری نباشند، شما اگر بزرگ‌ترین دانشگاه‌های دنیا برای نمونه دانشگاه هاروارد هم در ایران باشد، همکاری مؤثری شکل نخواهد گرفت. بخشی از پژوهش‌ها براساس نیاز صنعت و جامعه انجام می‌شود، اما ازآنجاکه کشش و سیاست‌های لازم نبوده است، به صورت محدود بوده است. اگر ما در کشور، برنامه‌ای برای ۲۰-۱۰ سال آینده نداشته باشیم، نمی‌توانیم راهبردی داشته باشیم. در صنایع دفاعی و برخی صنایع دیگر که نیازهای کشور درست ارزیابی‌شده است، توانسته‌ایم راهبرد خوبی داشته باشیم». دیگر مصاحبه‌شونده می‌گوید: «در حوزه تحقیق و پژوهش، مراکز تحقیق و توسعه و دانشگاه باید این راهبردها را محقق کنند، ولی وقتی برنامه‌ای نداریم، این اتفاق نخواهد افتاد. در حوزه فناوری نانو در حد توان با برنامه‌ریزی‌ها تلاش شده است تا با شناسایی اولویت‌ها، آنها به مراکز تحقیقاتی معرفی شوند. در وب‌گاه ستاد نانو موضوع‌های دارای اولویت برای تحقیق تبیین شده است. مشکل این است که صنایع در کشور ما پیشران نیستند و سیاست ما هم حمایت از آنها نیست». یکی دیگر از مصاحبه‌شوندگان معتقد است: «زمانی که اقتصاد کشور بیمار است، کسی به دنبال نوآوری نخواهد رفت. تا زمانی که این زنجیره شکل نگیرد، کار نتیجه خوبی نخواهد داشت. باید به صورت کلان و کلی موردتوجه قرار بگیرد و نباید فقط بخشی را مورد توجه قرار داد. متأسفانه برنامه راهبردی برای متمرکز کردن پژوهش‌ها در کشور وجود ندارد».

مصاحبه‌شوندگان بر عدم ارتباط مناسب دانشگاه و صنعت در ایران به‌دلیل پیچیدگی‌های مختلف آن تأکید می‌کنند. مصاحبه‌شونده شناسه ۱۱ می‌گوید: «نیاز صنایع ما، فناوری سطح پایین و ابتدایی هست و تحقیقات ما در لبه دانش هستند و برای همین با همدیگر همخوانی ندارند. صنایع ما دنبال ارزان‌تر شدن هستند، مثلاً شرکتی، کود شیمیایی را از هند وارد می‌کرد و ما گفتیم می‌توانیم با کیفیت بالاتری تولید کنیم، ولی یک مقدار کمی گران‌تر درمی‌آید، ولی در درازمدت به‌صرفه‌تر است، ولی سرمایه‌گذاری نکردند».

استفاده از ارزشیابی نتایج گذشته

مصاحبه‌شوندگان بر عدم استفاده از ارزشیابی نتایج گذشته در آموزش دانشگاهی نانو در ایران تأکید می‌کنند.

مصاحبه‌شونده شناسه ۵ می‌گوید: ارزشیابی به صورت سیستمی و منظم انجام نمی‌شود. بعضی‌اوقات برخی از استادان خودشان ارزشیابی می‌کنند». مصاحبه‌شونده شناسه ۸ معتقد است: «ارزشیابی مستمر مهم است و فارغ‌التحصیلان نانو به حدی رسیدند که الآن وقت ارزشیابی است».

استفاده از تجربیات کشورهای دیگر

مصاحبه‌شونده شناسه ۱۱ می‌گوید: «در بازه‌های ابتدایی راه‌اندازی دوره‌های آموزشی نانو، استفاده از تجارب خارجی وجود داشته، ولی در ادامه کمرنگ شده است. نقش اراده اساتید نیز در این حوزه پُررنگ است».

برنامه درسی خیلی روزآمد نیست. استادی که یک درس را ۲۰ سال تدریس می‌کند، الآن همان را تدریس می‌کند. در ابتدا از سیلابس‌های دانشگاه ویرجینیا و غیره الگوبرداری شده، ولی بعداً روزآمد نشده و بخشی براساس توانایی اساتید بوده است. متخصص حرفه‌ای برای تدریس در برخی رشته‌ها نداریم (مصاحبه‌شونده شناسه ۳). در سال‌های اولیه (اوایل دهه ۱۳۸۰ خورشیدی) ایجاد دوره دکترای نانو از برنامه‌های درسی دانشگاه‌های تراز اول امریکا، کانادا، انگلستان و آلمان استفاده شد (مصاحبه‌شونده شناسه ۴). هر ۱۰ سال یک‌بار کل رشته‌ها باید ارزشیابی شوند و از تجربیات کشورهای دیگر و کشور خودمان استفاده شود. از تجربیات کشورهای دیگر استفاده‌شده است، ولی کمتر به‌روز شده‌اند (مصاحبه‌شونده شناسه ۱۰).

تقسیم‌کار ملی

مؤلفه دیگر دارای اهمیت در ارزشیابی دوره‌های آموزشی نانو، وجود تقسیم‌کار ملی در آموزش این فناوری است (چِتی[۱]، ۲۰۱۶). براساس یافته‌های

۱- Chetty

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۳/ شماره ۱ (۴۷) / بهار ۱۴۰۳

پـــژوهش، ایـــن مؤلفـــه در ایـــران از ضـــعف شـــدید برخـــوردار اســـت. یکـــی از مصـاحبه‌شـوندگان در ایـن زمینـه مـی‌گویـد: «چنـین تقسـیم‌کـار و قطـب‌سـازی صـورت نگرفتـه اسـت. در صـورت انجـام ایـن کـار، بهـره‌وری افـزایش مـی‌یابـد و تحقیقـات در آن مجموعـه هدفمنـد مـی‌شـود». مصـاحبه‌شـونده دیگـری مـی‌گویـد: «بهتر بـود بـه دانشـگاه‌هـا مأموریـت داده مـی‌شـد. بـرای نمونـه دانشـگاهی مأموریـت تمرکز بر روی نـانو حسـگرها مـی‌شـد، بعـد از دو سـال اگـر کـار خـوب انجـام نگرفتـه بـود، امتیـاز آن دانشـگاه بـرای برگـزاری دوره مـوردنظر لغـو مـی‌شـد. ولـی متأسـفانه ایـن کـار انجـام‌نشـده اسـت و بررسـی نشـده کـه آیـا ایـن دانشـگاه توانـایی برگـزاری دوره را دارد یـا خیـر». مصـاحبه‌شـونده دیگـر معتقـد اسـت: «تقسـیم‌کـار ملـی و قطـب‌بنـدی دانشـگاه‌هـا، وظیفـه وزارت علـوم اسـت. کـانون‌هـای شـکل‌گرفتـه فعلـی به‌صورت اتفاقی تشـکیل‌شـده‌انـد. بـه‌طـور مثـال دانشـگاه امیرکبیـر در حـوزه نسـاجی خوب کـارکرده اسـت، ولـی بـا مأموریـت نبـوده اسـت. در قطـب‌بنـدی دانشـگاه‌هـا در حـوزه فنـاوری نـانو در ایـران بـد عمـل شـده اسـت. آکـادمی علـوم آمریکـا راهبـرد تعیین می‌کند، برنامه تعیین مـی‌کنـد و ایـن مأموریـت‌هـا بـین قسـمت‌هـای مختلفـی تقسیم می‌شـود. حکمرانـی علمـی و توسـعه صـنعتی در کشـور مـا وجـود نـدارد و مـا به صورت جزیره کـار مـی‌کنـیم». از نظـر مصـاحبه‌شـوندگان، آمـوزش دانشـگاهی نـانو از مأموریـت‌گرایـی آموزشـی دور بـوده و بـا رویکـرد تقسـیم‌کـار ملـی مبتنـی‌بـر توانمندی‌ها، فرصت‌ها و پتانسیل‌های هر دانشگاه و منطقه شکل نگرفته است.

مصـاحبه‌شـونده شناسـه ۱۱ مـی‌گویـد: «تقسـیم‌کـار شـعاری اتفـاق افتـاد، ولـی عملـی کـاری نشـد. مأموریـت‌گرایـی در دانشـگاه‌هـا نـداریم. دانشـگاه تهـران ۲۲۰۰ هیئـت‌علمـی دارد. شهرسـتان‌هـا ۱۰۰ هیئـت‌علمـی دارد کـه کـلاً ۵ نفـر دارنـد روی نانو کار می‌کنند که در همـه جهـات کـار مـی‌کننـد. در مأموریـت‌گرایـی اگـر حمایـت مستمر باشِـد، اسـتاد از ایـن شـاخه بـه آن شـاخه نمـی‌رود. قطـب‌بنـدی کـه نکـردیم، پراکنده‌گرایی هم می‌شـود». مصـاحبه‌شـونده شناسـه ۶ مـی‌گویـد: «تقسـیم‌کـار ملـی صـورت نگرفتـه اسـت. شـاید وسـعت کشـور مـا ایـن اجـازه را نمـی‌دهـد. در هلنـد دانشگاه‌ها در همه‌چیـز شـاخص نیسـتند. در ایـران دانشـگاه‌هـا برخـی خـوب و برخـی ضعیف و برخی متوسط کـار مـی‌کننـد و تقسـیم‌کـار ملـی انجـام‌نشـده اسـت. طراحـی

کنونی خیلی هوشمند نبوده و نیازمند بازنگری است». تقسیم کلی ملی، مأموریت وزارت علوم است. قطب‌ها اتفاقی شکل‌گرفته‌اند؛ به‌طور مثال دانشگاه امیرکبیر در حوزه نساجی خوب کارکرده است، ولی با مأموریت نبوده است. آکادمی علوم آمریکا، راهبرد تعیین می‌کند، برنامه تعیین می‌کند و این مأموریت‌ها بین قسمت‌های مختلفی تقسیم می‌شود. ما در کشور حکمرانی علمی و توسعه صنعتی نداریم (مصاحبه‌شونده شناسه ۷).

ارتباط با مراکز رشد و پارک‌ها

درمجموع مصاحبه‌شوندگان ارتباط آموزش‌های دانشگاهی نانو با مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری را مناسب می‌بینند.

استادان علاقه‌مند در مراکز رشد دانشگاه، فعالیت را آغاز کردند و به شرکت‌های دانش‌بنیان تبدیل‌شده‌اند. حمایت‌های ستاد نانو هم کمک کرده و استادان را راهنمایی می‌کند (مصاحبه‌شونده شناسه ۳). درمجموع ارتباط با مراکز رشد کم است، اما در دانشگاه‌های مستقر در شهر تهران، این همکاری و تعامل بیشتر از شهرستان‌هاست. هرچند به‌نظر می‌رسد به‌طور کلی در سال‌های اخیر با رشد شرکت‌های دانش‌بنیان، این ارتباط رو به بهبود است (مصاحبه‌شونده شناسه ۴). شرکت‌های دانش‌بنیان حمایت می‌شوند، اما باید ببینیم چه تعداد از این شرکت‌ها توانستند ادامه بدهند و روی پای خودشان بایستند و جایی برای خودشان بگیرند. در کل وجود مراکز رشد مؤثر بوده‌اند، چون برخی از این شرکت‌ها که از دل این مراکز رشد آمده‌اند، موفق شدند (مصاحبه‌شونده شناسه ۵).

توجه به ملاحظات اخلاقی

دیگر جنبه مهم در ارزشیابی آموزش نانو، توجه به جنبه‌های اخلاقی است. اصول اخلاقی مربوط به فناوری‌های با مقیاس نانو، عرصه‌ای میان‌رشته‌ای برای بررسی مسائل اخلاقی مربوط به فناوری نانو ایجاد می‌کنند. این عرصه حاوی بررسی‌های سخت‌گیرانه فلسفی و علمی مسائل اخلاقی و اجتماعی و همچنین نگرانی‌های عمومی و سیاست‌گذارانه موجود در تحقیق و توسعه فناوری نانو

است. همراه با فناوری نانو، مباحث اخلاقی درباره میزان خطر آن برای نسل بشر، محیط‌زیست و نحوه دسترسی به این فناوری و توزیع عادلانه آن پدید آمده است. نانو مواد با ویژگی نوظهور خود، می‌تواند سلامت انسان و جانوران را به‌طور پیش‌بینی‌ناپذیر تحت‌تأثیر قرار دهد. نگرانی‌ها درباره ورود نانو مواد از طریق تنفس، پوست و دهان و انتقال آن به اندام‌های مختلف بدن، افزایش‌یافته است و ازآنجاکه اطلاعات و پژوهش‌ها درباره تأثیرات نانو مواد بر روی انسان و محیط‌زیست، هنوز به‌اندازه کافی نیست، انجام پیشگیری‌های لازم و حفظ موازین اخلاقی، در استفاده از آنها بسیار ضروری است (حیدری، ۱۳۸۶). نتایج پژوهش نشان از ضعف شدید دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو ایران در این بُعد دارند. یکی از مصاحبه‌شوندگان می‌گوید: «در برنامه درسی موجود فناوری نانو به‌هیچ‌عنوان دروس مرتبط با ایمنی نانو و اخلاق حرفه‌ای نیامده است و در دانشگاه تهران اخیراً آموزش دروس مرتبط با موضوعات مذکور آغاز شده است». مصاحبه‌شونده دیگری بیان می‌کند: «در دوره دکتری فناوری نانو، موضوع ایمنی و اخلاق در نانو مغفول مانده و چالش‌ها دارد بیشتر می‌شود». مصاحبه‌شونده دیگری معتقد است: «می‌توان گفت که این موضوع مهم اصلاً در سرفصل‌های درسی پیش‌بینی‌نشده و تنها بعضی از دانشگاه‌ها با تهیه و تدوین کتابچه اخلاق حرفه‌ای، سعی در ترویج و تأکید بر حساسیت این موضوع کرده‌اند».

همکاری اعضای هیئت‌علمی

یکی دیگر از موضوعات مهم در موفقیت دوره‌های آموزشی نانو، همکاری اعضای هیئت‌علمی با یکدیگر است (بوید، گولدهابر، لَنکفورد و وایکاف[1]، ۲۰۰۷). یکی از مصاحبه‌شوندگان می‌گوید: «همکاری بین اعضای هیئت‌علمی فناوری نانو، درصد بالایی ندارد. دانشگاه ما مقداری اوضاع متفاوت است. مثلاً در حوزه تدریس همکاری هست (در دانشگاه تهران) اما در بحث همکاری بین اعضای هیئت‌علمی در پروژه‌ها، بستگی به افراد دارد که می‌توانند با یکدیگر همکاری کنند یا خیر و بیشتر وابسته به اخلاق و نگرش افراد است. در دانشگاه

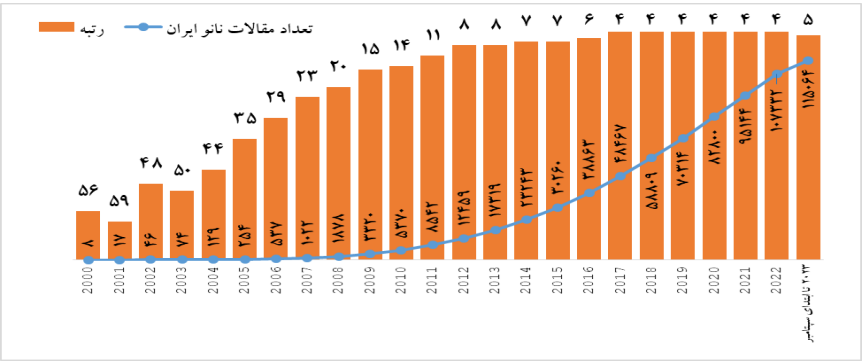
۱- Boyd, Goldhaber, Lankford & Wyckoff

تهران به‌منظور تشویق اعضای هیئت‌علمی برای همکاری با استادان و پژوهشگران خارجی و با هدف انجام پروژه‌های مشترک بین‌المللی مصوب شده است که کسانی که با افراد خارجی همکاری کنند، از ضریب یک و نیم درصد بهره‌مند خواهند شد و اگر مراودات بین‌المللی صورت پذیرد، دانشگاه تهران کمک خواهد کرد و حمایت بیشتری اختصاص می‌دهد». مصاحبه‌شونده دیگری معتقد است که همکاری‌های بین اعضای هیئت‌علمی باید در سیاست‌گذاری‌ها در نظر گرفته شود. در ایران اگر تعداد افراد در انجام پروژه‌های مشترک زیاد باشد، نمره افراد کم می‌شود که یک سیاست منفی است که در وزارت علوم جاافتاده و کاری هم نمی‌شود کرد. سیاست‌گذاری‌ها در کارهای تیمی و تشویق به انجام کارهای تیمی مغفول مانده است. او در ادامه می‌افزاید: «من از دانشگاه کِبک به دانشگاه مونترال کانادا می‌رفتم. چند روز آموزش می‌دیدم و جهت انجام پروژه‌ام دستگاه در اختیارم بود و بعد برمی‌گشتم. به خاطر اینکه کار تیمی در آنجا جا افتاد است، ولی در اینجا می‌گویند اگر دانشجوی دانشگاه ما نباشی، درصورتی‌که برای شما در آزمایشگاه ما اتفاقی رُخ دهد، ما نمی‌توانیم پاسخگو باشیم».

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های پژوهش، مهم‌ترین نقاط قوت دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در ایران را می‌توان در قالب عوامل زیر خلاصه کرد.

رشد جریان علمی نانو در کشور: همه مصاحبه‌شوندگان به این نکته اشاره کردند که مجموعه ابعاد مختلف دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو ایران ازجمله برنامه درسی، هیئت‌علمی، زیرساخت‌ها و حکمرانی به نتایج قابل‌قبولی در حوزه علم و تحقیقات نانو ایران منجر شده است. پایگاه علمی استت نانو که از معتبرترین پایگاه‌های اطلاعاتی نانو در جهان است، به روند رشد مقالات نانو ایران مطابق نمودار ۳ اشاره می‌کند. روند تجمعی رشد انتشار مقالات نانو ایران و رتبه ایران در جهان از سال ۲۰۰۰ تا ابتدای سپتامبر ۲۰۲۳ در نمودار ۳ نمایش داده شده است.



نمودار ۳. روند تجمعی رشد انتشار مقالات نانو ایران و رتبه ایران در جهان (۲۰۰۰ تا ابتدای سپتامبر ۲۰۲۳)

نهادسازی‌های ستاد نانو برای تقویت زیست‌بوم آموزش نانو: در ارتباط با مباحث مرتبط با آموزش فناوری نانو در کشور، لازم است به رویکردهایی که در ستاد نانو در این زمینه وجود داشته، اشاره‌کنیم.

نهاد حمایت تشویقی برای پرورش نیروی انسانی متخصص: پرورش نیروی انسانی متخصص از نخستین محورهای موردتوجه ستاد نانو در سیاست‌گذاری این فناوری در کشور بود. نانو مانند هر فناوری دیگر به بدنه مدیریتی و کارشناسی برای توسعه و تکمیل زنجیره علم تا ثروت نیاز داشت؛ همچنین، مدیران ستاد، سرمایه انسانی را شالوده توسعه نانو در کشور می‌دانستند و معتقد بودند بدون برنامه‌ریزی برای پرورش نیروی انسانی متخصص و کارآمد نمی‌توان به حرکت پایدار در توسعه این فناوری امید داشت. ستاد نانو به آموزش طیفی از همه گروه‌های نیروی انسانی از تکنسین تا مدیر نانو توجه داشت، اما به‌دلیل ماهیت نانو که یک فناوری پیشرفته[1] به‌شمار می‌رود، دانش‌آموخته‌ها و پژوهشگران دانشگاهی نخستین گروهی بودند که باید مخاطب این برنامه‌ها باشند. نانو، حوزه‌ای بین‌رشته‌ای بود و می‌توانست فضایی بکر برای پژوهشگران سایر رشته‌ها باشد؛ اما این فضای جدید و ناشناخته و تصور دشوار بودن پژوهش در آن، یک مانع ذهنی برای دانشجویان بود و تمایل آنها را برای فعالیت در این زمینه کم می‌کرد؛ بنابراین کارگروه منابع انسانی

۱- Hightech

باید راه‌کاری می‌یافت که فعالیت استادان و دانشجویان را در حوزه نانو تسهیل کند و در زمان کوتاهی، کمبود منابع انسانی نانو جبران شود (حیدری‌نژاد، خادم، زاهدی مطلق و صاحبی‌نژاد، ۱۳۹۷). طرح «حمایت‌های تشویقی»، نقشه راهی بود که در ستاد نانو به‌منظور ترغیب دانشگاهیان برای ورود به حوزه نانو تهیه شد. طرح حمایت‌های تشویقی با مخاطب قرار دادن جامعه دانشگاهی کشور، اعم از دانشجویان و استادان و تعریف مشوق‌های مالی برای مجموعه متنوعی از فعالیت‌ها در حوزه نانو، تلاش کرد انگیزه مخاطبان خود را برای ورود به این میدان تقویت و فعالیت آنها را در این حوزه تسهیل کند. با گذشت زمان، فعالیت دانشگاهیان، به‌ویژه در بخش پایان‌نامه و مقاله رشد قابل‌توجه یافت. حمایت‌های تشویقی لوکوموتیوی بود که واگن شیمی، فیزیک، مهندسی مواد، داروسازی و ... را به حرکت درآورد و افراد زیادی را به حوزه نانو وارد کرد. پیش از آن، در رشد علمی کشور اغلب افرادی با سوابق علمی خاص یا از دانشگاه‌های برتر کشور موردتوجه قرار می‌گرفتند، اما حمایت‌های تشویقی برابری نسبی برای دانشجویان و استادان در دانشگاه‌های مختلف ایجاد کرد که افزون‌بر برخورداری از تشویق مالی ستاد، در رشد علمی کشور تأثیرگذار باشند (حیدری‌نژاد، خادم، زاهدی مطلق و صاحبی‌نژاد، ۱۳۹۷). در دهه اول، برنامه آموزش علوم و فناوری نانو با توجه به نوع نیازهای مطرح و شرایط حاکم در این زمینه، بیشتر مبتنی‌بر توسعه آموزش نانو در تحصیلات تکمیلی در دانشگاه‌ها بنا شده است. درحالی‌که در مسیر توسعه برنامه آموزش از سطوح پایین آن در مدارس و تداوم آن در دانشگاه تا مقاطع تحصیلات تکمیلی، به آموزش زمینه‌های مختلف فناوری نانو به‌عنوان رشته‌های مستقل در مقطع کارشناسی توجه کمتری شده است. بررسی نظام آموزشی کشورهای توسعه‌یافته در این زمینه و بهره‌مندی از تجارب و آموزه‌های الگوهای موفق در راه‌اندازی رشته‌های جدید علوم و فناوری نانو در مقطع کارشناسی در کشور مؤثر خواهد بود.

راه‌اندازی شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو: شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو، با برنامه تقویت زیرساخت‌های آزمایشگاهی در حوزه فناوری نانو، فعالیت خود

را از سال ۱۳۸۳ در ستاد فناوری نانو آغاز کرده است. فعالیت شبکه، با پذیرش عضویت آزمایشگاه‌های مستعد و دارای تجهیزات آزمایشگاهی پُرکاربرد در حوزه فناوری نانو آغاز شد و راه‌کار تشویق مراکز عضو برای توسعه فعالیت‌ها، تقویت زیرساخت‌ها و استفاده مناسب از توانمندی‌ها، ارزشیابی عملکرد آنها و ارائه جوایز تشویقی متنوع براساس امتیاز کسب‌شده در ارزشیابی، بنا نهاده شد. اجرای برنامه ارزشیابی با دقت بالا و با پایبندی به اصول دستورالعمل ارزشیابی و همچنین ارائه مناسب و به‌جای حمایت‌های متنوع براساس دستورالعمل حمایتی، به‌خوبی توانسته است در پیاده‌سازی سیاست‌های شبکه که بیشتر در قالب شاخص سنجش همکاری‌های شبکه‌ای به مراکز عضو ابلاغ می‌شود، کمک نماید.

نمایشگاه ساخت ایران: به‌منظور کاهش وابستگی آزمایشگاه‌های داخلی به تجهیزات و مواد وارداتی و همچنین استفاده از توانمندی‌های داخلی و حمایت از فعالیت‌های دانش‌بنیان درزمینه ساخت تجهیزات و تولید مواد آزمایشگاهی، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری با همکاری ستاد نانو، اقدام به برگزاری نمایشگاه تجهیزات و مواد آزمایشگاهی ایران‌ساخت کرده است. معاونت علمی و فناوری در این نمایشگاه، بخشی از هزینه خرید مراکز علمی و پژوهشی دولتی را مطابق با سطح‌بندی تجهیزات پرداخت می‌کند. این الگوی حمایتی، طرف تقاضا را تحریک می‌کند و با قدرت اهرم‌گونه خود به ایجاد بازار گسترده منجر می‌شود و قابل پیاده‌سازی در سایر حوزه‌های فناوری (اعم از تجهیزات آزمایشگاهی فنی و مهندسی، تجهیزات پزشکی و سایر فناوری‌ها) است و می‌تواند در ایجاد بازار برای محصولات دانش‌بنیان، تحولات جدی ایجاد نموده است، بدون آنکه بار مالی جدیدی بر دوش بودجه عمومی کشور تحمیل کند.

همچنین مهم‌ترین نقاط ضعف دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در ایران عبارت‌اند از:

ضعف در دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی روزآمد: ابزارها و تجهیزات تخصصی آزمون و آنالیز در آزمایشگاه‌های نانو قدیمی بوده و در مواردی، دسترسی به آنها نیز دشوار است.

ضعف در تخصص میان‌رشتگی استادان: توسعه علمی نانو نیازمند مدرسانی است که از تخصص‌های مختلف و همگرا برخوردار بوده و ابعاد مختلف علم نانو را توسعه دهند. در دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو ایران، این مدرسان کمتر در کنار هم گردآمده‌اند. نتایج بررسی برخی از پژوهشگران درباره ارزشیابی دوره‌های برخط (آنلاین) نانو هم نشان می‌دهد که بیشتر مدرسان علوم ضمن‌خدمت با فناوری نانو آشنایی ندارند، زیرا در دوره‌های کارشناسی دوران دانشجویی به‌طور گسترده تدریس نمی‌شد و معمولاً بخشی از برنامه درسی دانشگاه نیست (جونز، بلوندر و کاهکُنن، ۲۰۲۰).

ضعف برنامه درسی دوره‌ها در توجه به ملاحظات ایمنی، اخلاقی و سلامت نانو: همان‌طور که گفته شد به‌دلیل عدم قطعیت‌های توسعه فنی نانو، ملاحظات زیست‌محیطی، سلامت و ایمنی از اهمیت زیادی در برنامه درسی دانشگاه‌های جهان برخوردار است، موضوعی که در ایران با توجه بسیار کم روبه‌رو شده است.

ضعف در تعریف پروژه‌های همکاری بین‌المللی آموزش دانشگاهی: برخلاف روند بین‌المللی و نیازهای داخلی، برنامه‌ها و فعالیت‌های مشترک بین‌المللی در حوزه آموزش نانو در ایران به‌ندرت انجام‌شده است.

عدم ارزشیابی و اخذ بازخورد: هیچ بستر نظام‌مند و متمرکز برای اخذ بازخورد از نتایج فعالیت‌های انجام‌شده در دوره‌های تحصیلات تکمیلی نانو در سطح ملی و دانشگاهی وجود ندارد.

موازی‌کاری در فعالیت‌های آموزشی دانشگاه‌های مختلف: عدم توجه به نظام قطب‌بندی دانشگاه‌ها که تسهیل‌کننده فعالیت‌های همگرا درباره مفاهیم علمی این رشته است، موجبات جزیره‌ای عمل کردن دانشگاه‌ها و فعالیت هر

کدام بر موضوعات علمی حوزه نانو بدون هم‌افزایی با دانشگاه‌های دیگر را فراهم کرده است.

توصیه‌های سیاستی و پژوهشی

برای ارتقای آموزش دانشگاهی فناوری نانو در بخش حکمرانی، لازم است تقسیم‌کار ملی مناسب با درنظرگرفتن رویکرد مأموریت‌گرایی برای هر دانشگاه و توجه به قطب‌های آموزشی انجام شود. همچنین در تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های آتی از تجربیات دیگر کشورها و همچنین ارزیابی نتایج برنامه‌های اجراشده در ایران بهره گرفته شود. در حوزه زیرساخت نیز، ضرورت ارتقا زیرساخت‌های آزمایشگاهی به‌ویژه تأمین و دسترسی‌پذیری به آنها وجود دارد. پیشنهاد می‌شود از تجربه شبکه آزمایشگاهی نانو و نمایشگاه ساخت ایران بهره گرفته شود. در حوزه برنامه درسی، روزآمدسازی برنامه مطابق با تحولات مرز دانش جهان و اجتناب از سلیقه‌ای عمل کردن استادان در این حوزه ضرورت دارد. در حوزه همکاری‌های هیئت‌علمی نیز پیشنهاد می‌شود با طراحی نظام ملی مبتنی‌بر تعریف و راهبری پروژه‌های میان‌رشته‌ای، ارتباط تخصص‌های مختلف و هم‌افزایی آنها بیشتر شود. در پایان پیشنهاد می‌شود پژوهشگران مختلف، پیامدها و اثرات بلندمدت آموزش‌های دانشگاهی نانو در ایران را در حوزه اقتصاد ملی، توان نوآوری و عمق تحقیقات علمی بررسی کرده و با سنجش‌های کمّی، اثرات مؤلفه‌های مختلف را استخراج کنند.

منابع

آراسته، حمیدرضا(۱۳۸۵). همکاری‌های بین‌المللی آموزش عالی در ایران و چگونگی بهبود آن. پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی، ۱۲(۱)، ۱۱۵-۹۹.

آقایی، احمد، و علیائی، محمدصادق(۱۳۹۸). رویکردهای نوین در مدیریت آزمایشگاه‌های پژوهشی. اولین کنفرانس ملی تجهیزات، دانشگاه شیراز.

بطحایی، فتانه‌سادات، لاریجانی، باقر، دینارونـد، رسول، آرامش، کیارش، و افتخار اردیبلی، حسن(۱۳۸۸). نانو فناوری ایمن و اخلاقی، نیاز امروز محققان نانو در ایران. مجله اخلاق و تاریخ پزشکی، ۲(۲)، ۲۲-۱۱.

تقی‌پور ظهیر، علی(۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی آموزشی و درسی. تهران: انتشارات آگاه.

توفیقی داریان، جعفر(۱۳۸۸). ضرورت ارتقای کیفیت در آموزش عالی ایران. صنعت و دانشگاه، ۲(۵-۶)، ۱۰-۵.

ثابتی، مریم، همایون سپهر، محمد و احمدی، فخرالدین(۱۳۹۳). نقش آموزش عالی در توسعه ملی. مطالعات توسعه اجتماعی ایران، ۶(۴)، ۶۹-۵۹.

حاجی‌زاده اقدم، ابوالفضل، آقابابائی، نفیسه، و علیائی، محمدصادق(۱۳۹۹). بررسی چالش‌های نظام مدیریت امور آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های دانشگاه‌ها و مراکز پژوهش و فناوری. مجله رویکردهای نوین در آزمایشگاه‌های علمی ایران، ۴(۱)، ۳۲-۲۷.

حاجی‌زاده، فرشته، و آتشک، محمد(۱۳۹۴). تحلیل محتوای کتاب آموزش مهارت‌هایی برای زندگی بر اساس اصول انتخاب محتوا و ارائه راه‌کارهای اصلاحی از منظر صاحب‌نظران برنامه‌ریزی درسی. پژوهش در برنامه‌ریزی درسی (دانش و پژوهش در علوم تربیتی-برنامه‌ریزی درسی)، ۱۲(۱۷)، ۱۳۴-۱۲۳.

حجازی، یوسف، پرداختچی، محمدحسن، و شاه‌پسند، محمدرضا(۱۳۸۸). رویکردهای توسعه حرفه‌ای معلمان. تهران: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.

حیدری، علی احسان(۱۳۸۶). ملاحظات اخلاقی در به‌کارگیری فناوری نانو. اخلاق در علوم و فناوری، ۲(۳ و ۴)، ۳۰-۲۳.

دیباواجاری، طلعت، یمینی دوزی سرخابی، محمد، عارفی، محبوبه، و فردانش، هاشم(۱۳۹۰). مفهوم‌پردازی الگوهای برنامه‌ریزی درسی آموزش عالی (تجربیات و دستاوردها). پژوهش در برنامه ریزی درسی (دانش و پژوهش در علوم تربیتی-برنامه‌ریزی درسی)، ۸(۳۰)، ۶۲-۴۸.

ذاکر صالحی، غلامرضا(۱۳۸۳). دانشگاه ایرانی (درآمدی بر جامعه‌شناسی آموزش عالی). تهران: انتشارات کویر.

حیدری‌نژاد، زهرا، خادم، مهیار، زاهدی‌مطلق، حسین، و صاحبی‌نژاد، مجید(۱۳۹۷). انگشت شمار تا بی‌شمار: روایت تجارب سیاست‌های حمایت از محققان فناوری نانو در ایران. تهران: بنیاد توسعه فردا.

زاهدی، سکینه، و بازرگان، عباس(۱۳۹۲). نظر اعضای هیئت‌علمی درباره نیازهای توسعه حرفه‌ای آنان و شیوه‌های برآوردن نیازها. فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی، ۱۹(۶۷)، ۸۹-۶۹.

سبحانی‌نژاد، مهدی، و شاه‌حسینی، نجیبه(۱۳۹۱). بررسی راه‌کارهای عملی تحقق نظام مصوب برنامه‌ریزی درسی غیرمتمرکز دانشگاهی. پژوهش در برنامه‌ریزی درسی (دانش و پژوهش در علوم تربیتی-برنامه‌ریزی درسی)، ۹(۳۵)، ۴۷-۳۳.

عارفی، محبوبه، قهرمانی، محمد، و طاهری، مرتضی(۱۳۸۹). میزان فرسودگی شغلی و رابطه آن با منتخبی از متغیرهای جمعیت‌شناختی در اعضای هیئت‌علمی دانشگاه شهید بهشتی. فصلنامه روانشناسی کاربردی، ۴(۲)، ۸۶-۷۲.

علیائی، محمدصادق، و رادان، سحر(۱۴۰۰). بررسی و تحلیل جایگاه شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا) در مدیریت امور آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های وزارت عتف. فصلنامه رویکردهای نوین در آزمایشگاه‌های علمی ایران، ۵(۲)، ۱۳-۵.

علیائی، محمدصادق، و رسولی‌فرد، محمدحسین(۱۳۹۸). بررسی نقش آزمایشگاه‌های مرکزی در ارتقاء علمی دانشگاهی (بررسی مورد). اولین کنفرانس ملی تجهیزات اسفندماه ۱۳۹۸، دانشگاه شیراز.

علیائی، محمدصادق(۱۳۹۳). آمارنامه پژوهش و فناوری وزارت عتف.

علیائی، محمدصادق(۱۳۹۷). شیوه نوین ساماندهی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های تحقیقاتی کشور (مطالعه موردی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های وزارت عتف). نشریه رویکردهای نوین در آزمایشگاه‌های علمی ایران، ۲(۱)، ۱۲-۵.

فتحی واجارگاه، کوروش، عارفی، محبوبه، و شرف، زینب(۱۳۸۸). شرایط و زمینه‌های مشارکت اعضای هیئت‌علمی در فرایند برنامه‌ریزی درسی دانشگاهی. مجله آموزش عالی ایران، ۱(۴)، ۱۷۸-۱۴۵.

فتحی‌واجارگاه، کوروش(۱۳۹۲). برنامه‌ریزی به‌سوی هویت‌های جدید: شرحی بر نظریات معاصر برنامه‌ریزی. تهران: آییژ.

فراستخواه، مقصود(۱۳۸۹). دانشگاه و آموزش عالی: منظرهای جهانی و مسئله‌های ایرانی. تهران: نشر نی.

نچمیاس، دیوید، فرانکفورت، چاوا، و ساروخانی، باقر(۱۳۸۲). روش‌های پژوهش در علوم اجتماعی، ترجمه فاضل لاریجانی و رضا فاضلی، تهران: سروش.

قاضی نوری، سپهر، و فرازکیش، مهدیه(۱۳۹۷). الگوی ارزشیابی ملی علم، فناوری و نوآوری بر اساس شاخص‌های کارایی، اثربخشی و سودمندی. مطالعات راهبردی سیاست گذاری عمومی، ۸(۲۷)، ۲۲۹-۲۰۵.

قدیمی، سعید، و محمدی‌نژاد، بهزاد(۱۳۹۰). شیوه‌نامه تدوین و بازنگری برنامه درسی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دفتر برنامه‌ریزی و پشتیبانی آموزش عالی.

قورچیان، نادرقلی، اجتهادی، مصطفی، جعفری، پریوش، و شفیع‌زاده، حمید(۱۳۹۰). بررسی وضعیت بهسازی اعضای هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی مطالعه موردی منطقه ۸. فصلنامه رهبری و مدیریت آموزشی، ۵(۱)، ۱۱۴-۹۵.

کرامتی، محمدرضا(۱۳۸۸). بررسی رابطه بین رضایت اعضاء هیئت‌علمی از سیستم پژوهشی دانشگاه باانگیزه پژوهشی آنان. دوفصلنامه مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی، ۲(۱)، ۴۱-۳۵.

گودرزی، مهدی، و قربانی، محمدحسین(۱۳۹۸). نگاهی به آزمایشگاه‌های موجود در دانشکده‌های مدیریت جهان. سیاست‌نامه علم و فناوری، ۹(۳)، ۲۶-۱۷.

نصراصفهانی، احمدرضا. سولومونیدز، این، و کامرون، الیسون(۱۳۹۱). مراحل و معیارهای تدوین، تصویب و ارزشیابی درس جدید در دانشگاه‌های استرالیا. دوفصلنامه مطالعات برنامه درسی آموزش عالی، ۳(۶)، ۲۸-۷.

نورشاهی، نسرین، و سمیعی، حسین(۱۳۹۰). بررسی کیفیت زندگی کاری اعضای هیئت‌علمی دانشگاه‌های دولتی ایران و ارائه راه‌کارهایی برای بهبود آن. پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی، ۱۷(۱)، ۱۱۴-۹۱.

نوروززاده، رضا، محمودی، رضا، فتحی واجارگاه، کوروش، و نوه‌ابراهیم، عبدالرحیم(۱۳۸۵). وضعیت سهم مشارکت دانشگاه‌ها در بازنگری برنامه‌های درسی مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی. پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی، ۱۲(۴)، ۹۳-۷۱.

یارمحمدیان، محمدحسین(۱۳۹۵). مبانی و اصول برنامه‌ریزی درسی. تهران: نشر یادواره کتاب.

Blonder, R. & Mamlok-Naaman, R(2016). Learning about teaching the extracurricular topic of nanotechnology as a vehicle for achieving a sustainable change in science education. International Journal of Science and Mathematics Education, 14(3), pp. 345–372.

Blonder, R(2011). The story of nanomaterials in modern technology: An advanced course for chemistry teachers. Journal of Chemical Education, 88(1), pp. 49-52.

Boyd, D. Goldhaber, D. Lankford, H. & Wyckoff, J(2007). The effect of certification and preparation on teacher quality. The Future of Children, 17(1), pp. 45-68.

Brewer, L(2013). Enhancing youth employability: What? Why? and How? Guide to core work skills, First. Switzerland: International Labour Organization.

Cai, J. Youngblood, T. Khodyreva, E. A. & Khuziakhmetov, N. A(2017). Higher Education Curricula Designing on the Basis of the Regional Labour Market

Demands. EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education, 13(7), pp. 2805-2819.

Carnell, B. & Fung, D(2017). Developing the Higher Education Curriculum (Research-Based Education in Practice). UCL Press.

Chetty, P(2016). 8-step procedure to conduct qualitative content analysis in a research. [Online] Available at: www.projectguru.in/selecting-research-approach-business-studies/

Davarpanah, S. H. Hoveida, R. & Sayadi, Y(2019). Evaluation of Causal Relationships between Student`s Perceptions of Faculty Members Teaching Quality and Self-Directed Learning Using Structural Equation Modeling. Journal of Research in Teaching, 7(2), pp. 189-212.

Davies, P. & Dunnill, R(2006). Disciplines, Outcomes and Purpose in Social Science Education. Journal of Social Science Education, 5(2), pp. 62-71.

Debackere, K. & Veugelers, R(2005). The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links. Research policy, 34(3), pp. 321-342.

Dobbins, M. & Knill, C(2009). Higher Education Policies in Central and Eastern Europe: Convergence toward a Common Model? Governance, 22(3), pp. 397-430.

Dobbins, M. Knill, C. & Vögtle, E. M(2011). An analytical framework for the cross-country comparison of higher education governance. Higher Education, 62(5), pp. 665-683.

Ferlie, E. Musselin, C. & Andresani, G(2009). The Governance of Higher Education Systems: A Public Management Perspective. In: University Governance: Western European Comparative Perspectives (Higher Education Dynamics). Springer, pp. 1-19.

Fung, D(2017). Connected Curriculum for Higher Education. UCL Press.

Gillespie, K. & Robertson, D(2010). A Guide to Faculty Development. Second Edition, Jossey, Bass.

Glied, S. et al(2007). Institutional Challenges of Interdisciplinary Research Centers. The Journal of Research Administration, 38(2), pp. 28-36.

Goldfinch, T. L. et al(2007). Initiating curriculum review: The Chilean experience.

Huertas, J.D. Fuentes, Y.V. Garcia, J.C. & Bustos, R.H(2024). The Role of Education in Nanomedicine as a Current Need for Academic Programs Related to the Healthcare Field: A Scoping Review. Advances in Medical Education and Practice, Volume 15, pp. 65-74.

Jones, M. G. Blonder, R. & Kähkönen, A.L(2020). Challenges in nanoscience education. In: K. D. Sattler, ed. 21st century nanoscience – a handbook: Public policy, education, and global trends (volume ten). CRC Press.

Khan, M. A. & Law, L. S(2015). An Integrative Approach to Curriculum Development in Higher Education in the USA: A Theoretical Framework. International Education Studies, 8(3), pp. 66-76.

Khodarahmi, M. Khosravi, M. & Abdolmaleki, S(2019). Analysis and Identification of Key Elements of Innovative Teaching: (Innovative Teaching of Professors in Higher Education). Journal of Research in Teaching, 7(4), pp. 1-23.

Malik, S. Muhammad, K. & Waheed, Y(2023). Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry. Molecules, 28(2), pp. 1-26.

Millear, P. M. Greenaway, R. & Schmidt, J(2017). Using Curriculum Design Principles to Renew Teaching and Learning in Developmental Psychology. In: Research and Development in Higher Education Curriculum Transformation. Sydney, Australia, pp. 250-260.

Milligan, C. & Littlejohn, A(2014). Supporting professional learning in a massive open online course. The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 15(5), p. 197– 213.

Murday, J. et al(2010). Developing the human and physical infrastructure for nanoscale science and engineering. In: Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020: Retrospective and Outlook. Washington, DC: National Science Foundation, pp. 501-560.

Niemann, D(2010). Transformation of Education Policy (Transformations of the State). In: Turn of the Tide—New Horizons in German Education Policymaking through IO Influence. Palgrave Macmillan, pp. 77-104.

Salehizade, M. Ghorchian, N. Davoodi, A. M. & Ghalavandi, H(2019). Providing a Model for Improving the Quality of Teaching Professionals at Farhangian University Professors. Journal of Research in Teaching, 7(2), pp. 227-249.

Sgouros, G. & Stavrou, D(2019). Teachers' professional development in nanoscience and nano technology in the context of a community of learners. International Journal of Science Education, 41(15), p. 2070–2093.

Teichler, U(2015). Higher Education Research in Europe. pp. 815-847.

Thomas, L. Harden-Thew, K. Delahunty, J. & Dean, B(2016). Team-based curriculum design in creating continuing professional development for university teaching staff. In: Research and Development in Higher Education: The Shape of Higher Education, pp. 318-328.

Thurab- Nkhosi, D. & Marshall, S(2009). Quality management in course development and delivery at the University of the West Indies Distance Education Centre. Quality Assurance in Education, 17(3), pp. 264-280.

Wagaskar, K. et al(2017). Employ ... able A Tool to achieve 7E's of Employability. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, p. 1756–1761.

Winkelmann, K. Bernas, L. & Saleh, M(2014). A Review of Nanotechnology Learning Resources for K-12, College and Informal Educators. Journal of Nano Education, 6(1), pp. 1-11.