

زیست‌شناسی، رکن جدیدی در مهندسی شیمی

گذار از «مهندسی شیمی» به «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»

بخش ۲: آموزش، تحصیلات تکمیلی و موقعیت صنعتی

اردلان گنجی‌زاده^۱، امید وحیدی^۲ و سیدنظام‌الدین اشرفی‌زاده^۳

چکیده: در ادامه بخش پیشین که درباره هم‌پوشانی حوزه‌های زیست‌شناسی و مهندسی شیمی بحث و بررسی شد و از ضرورت تربیت مهندسان شیمی آشنا با زیست‌شناسی یا «مهندسان شیمی و زیست‌شناسی» سخن به میان رفت، در این نوشته به بررسی شرایط تحصیل، برنامه‌های آموزشی، دانشگاه‌های پیشرو، روند تولید علم، و موقعیت صنعتی رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» پرداخته شده است. در این پژوهش از گرایش دانشکده‌های مهندسی شیمی آمریکا به رشته مذکور گفته شده است. همچنین، گزارشی درباره روند روبه‌رشد چاپ مقالات و همچنین تعداد همایش‌های مرتبط با این رشته (که نشان از کاربردی بودن «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دارد) ارائه شده است. گفته شد که در کشورهای پیشرفته، توسعه حوزه‌های مهندسی مرتبط با زیست‌شناسی، و تمسک صنایع مختلف به زیست‌شناسی برای مواجهه با چالش‌های روز، موجب شده است که بازار کار به مهندس «شیمی و زیست‌شناسی» نیازمند باشد و سرمایه‌گذاری‌های کلانی در زمینه صنایع مرتبط با مهندسی «شیمی و زیست‌شناسی» صورت پذیرد. همچنین درخصوص بیگانه‌بودن مهندسان شیمی ایرانی، به‌جز عدد اندکی، که در مقطع تحصیلات تکمیلی در گرایش‌های مرتبط با زیست‌شناسی ادامه تحصیل می‌دهند، بحث شده است. این پژوهش پیشنهاد می‌کند که باتوجه‌به فراگیرشدن موج توسعه زیست‌شناسی و حوزه‌های مهندسی مرتبط با آن، و نیز باتوجه‌به چالش‌های زیست‌محیطی، صنعتی و اقتصادی؛ اصلاح نظام آموزش مهندسی شیمی و پرورش مهندسان شیمی آشنا با زیست‌شناسی در برنامه کاری مسئولان امر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مهندسی شیمی، زیست‌شناسی، آموزش مهندسی، مهندسی شیمی و زیست‌شناسی، مهندسی زیست پزشکی، زیست‌فناوری

۱. دانشجوی دکتری، آزمایشگاه تحقیقاتی فرایندهای پیشرفته جداسازی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، ardalan_ganjizade@chemeng.iust.ac.ir
۲. استادیار گروه طراحی و شبیه‌سازی فرایندها، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، ovahidi@iust.ac.ir
۳. استاد گروه فرایندهای جداسازی، آزمایشگاه تحقیقاتی فرایندهای پیشرفته جداسازی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)، ashrafi@iust.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰)

(پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۶/۱۲)

DOI: 10.22047/ijee.2017.55103

۱. مقدمه

حوزه‌های مختلف دانش و فناوری همواره در ارتباط‌اند و با یکدیگر هم‌افزایی می‌کنند. به‌عنوان مثال، تحولات اساسی حوزه زیست‌شناسی موجب پدیدآمدن صورت مسائل جدیدی در حوزه‌های مهندسی شده و به تأسیس شاخه‌های جدیدی در مهندسی انجامید. همچنین بلوغ علم زیست‌شناسی موجب شد که استفاده از ابزار زیست‌شناسی در مواجهه با چالش‌های موجود در رشته‌های گوناگون مهندسی، خصوصاً مهندسی شیمی، به‌عنوان گزینه‌ای قابل‌توجه مطرح شود. در بخش پیشین به معرفی رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»^۱، که متخصصان آن مهندسان شیمی آشنا با علم زیست‌شناسی و کاربردهای آن هستند، پرداخته شد. در این بخش به بررسی رشته‌های تحصیلی، مراکز آموزشی، برنامه‌های آموزشی - پژوهشی، و کاربردهای صنعتی این رشته پرداخته شده است.

۲. تحصیل در رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»

براساس آنچه که در بخش پیشین گفته شد، چنین دیدگاهی به وجود آمده است که در ساختار مهندسی شیمی مدرن زیست‌شناسی و شیمی از جایگاه یکسانی برخوردارند. همچنین اهمیت عنوان مدرک تحصیلی برای دانشجویان، و تشدید رقابت دانشکده‌ها در جذب دانشجویان، بسیاری از دانشکده‌های مهندسی شیمی را بر آن داشت که نام خود را به گونه‌ای تغییر دهند که عنوانی در ارتباط با زیست‌شناسی در آن قرار گیرد (Varma, 2003). بدین ترتیب، تا سال ۲۰۰۷ حدود ۱۸ درصد از دانشکده‌های مهندسی شیمی در آمریکا تغییر نام دادند (Chen, 2007). در برخی دانشگاه‌ها، دانشکده‌ها و واحدهای آموزشی مهندسی شیمی، به دانشکده‌ها و واحدهای آموزشی با عنوان، «مهندسی شیمی و زیست‌فناوری»^۲ (دانشگاه کمبریج)^۳، «مهندسی شیمی و زیست‌مولکولی»^۴ (دانشگاه‌های جانز هاپکینز^۵ و برکلی^۶)، «مهندسی شیمی و زیست‌شیمی»^۷ (دانشگاه‌های آیووا^۸ و

1. Chemical and Biological Engineering
2. Department of Chemical Engineering and Biotechnology
3. University of Cambridge
4. Department of Chemical and Biomolecular Engineering
5. Johns Hopkins University
6. University of California, Berkeley
7. Department of Chemical and Biochemical Engineering
8. University of Iowa

راتگرز^۱، «مهندسی شیمی و زیست‌پزشکی»^۲ (دانشگاه‌های نانیانگ^۳ و فلوریدای جنوبی)^۴ و «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»^۵ (دانشگاه‌های نام‌برده در جدول ۱) تغییر نام داده‌اند. در برخی دانشگاه‌ها، نام دانشکده تغییر نیافت اما رشته‌های تحصیلی ارتباط‌دهنده زیست‌شناسی و مهندسی شیمی در برنامه آموزشی آنها گنجانده شده است. به‌عنوان مثال، در واحد آموزشی علوم شیمیایی دانشگاه لیمریک^۶، امکان تحصیل در رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شیمی» برای متقاضیان دریافت مدرک کارشناسی فراهم شده است. در برخی دانشگاه‌ها (مثل دانشگاه مک‌گیل^۷) برگزاری دوره‌های آموزشی در رشته‌های مرتبط با زیست‌شناسی به عهده سایر دانشکده‌ها گذاشته شده، اما حضور دانش‌آموختگان رشته مهندسی شیمی در مقاطع تحصیلات تکمیلی چنین رشته‌هایی بسیار چشمگیر است. به نظر می‌رسد که در میان دانشکده‌های فوق‌الذکر، حوزه آموزشی و پژوهشی دانشکده‌های «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» (که موضوع اصلی این پژوهش است) جامع‌ترین باشد. فهرست چند مورد از فعال‌ترین دانشگاه‌های دارای دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» و همچنین مقاطعی که در آن به آموزش متخصص می‌پردازند، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: فهرست برخی دانشگاه‌های دارای دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» و مقاطعی که در آن به آموزش مهندسان «شیمی و زیست‌شناسی» می‌پردازند.^۸

ردیف	نام دانشگاه	مقطع تحصیلی	کشور
۱	University of Colorado at Boulder	کارشناسی و تحصیلات تکمیلی	آمریکا
۲	Rensselaer Polytechnic Institute	کارشناسی و تحصیلات تکمیلی	آمریکا
۳	Princeton University	کارشناسی و تحصیلات تکمیلی	آمریکا
۴	Korea University	کارشناسی و تحصیلات تکمیلی	کره جنوبی
۵	Zhejiang University	----	چین
۶	Northwestern University	----	آمریکا
۷	Seoul National University	کارشناسی و تحصیلات تکمیلی	کره جنوبی
۸	The University of British Columbia	کارشناسی و تحصیلات تکمیلی	کانادا
۹	University of Wisconsin-Madison	----	آمریکا

1. Rutgers University
2. Department of Chemical and Biomedical Engineering
3. Nanyang Technological University
4. University of South Florida
5. Department of Chemical and Biological Engineering
6. University of Limerick
7. McGill University

۸. موارد ۵، ۶ و ۹ دانشگاه‌هایی هستند که علی‌رغم تأسیس دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» مدرکی با این نام ارائه نمی‌کنند.

در دانشکده‌های ذکر شده در جدول ۱، که فعال‌ترین دانشکده‌های «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» هستند، رویکردهای متفاوتی برای گسترش حوزه فعالیت‌های علمی و پژوهشی دانش‌پژوهان به کار گرفته شده است. البته می‌توان گفت که کلیت این رویکردها (اضافه‌شدن دروس پایه مرتبط با زیست‌شناسی، بیان کاربردهای زیست‌شناسی در دروس هسته و ارائه دروس اختیاری عمق‌دهنده به معلومات دانشجویان) مشابه است، اما در جزئیات و نام‌گذاری‌ها تفاوت‌هایی مشاهده می‌شود. در ادامه بحث، به نحوه فعالیت آموزشی و پژوهشی برخی از این دانشکده‌ها پرداخته خواهد شد.

در دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه پرینستون تنها یک رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی، با عنوان «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» تدریس می‌شود. در این دانشگاه دانشجویان پس از گذراندن دروس عمومی، باید علاوه بر گذراندن تعدادی واحد درسی در رابطه با مباحث پیشرفته در علوم پایه، ۹ درس تشکیل‌دهنده هسته اصلی مهندسی شیمی بهبودیافته را اخذ کنند، و سپس با استفاده از معلومات کسب‌شده و با توجه به اهدافشان، در یکی از گروه‌های در نظر گرفته شده برای دروس اختیاری، به دانش و تخصص خود عمق دهند. توضیح آنکه در دانشگاه پرینستون دروس اختیاری به ۶ گروه تقسیم شده‌اند و دانشجویان باید باتوجه به زمینه‌های کاری و پژوهش‌های موردعلاقه خود، یکی از این گروه‌ها را انتخاب کرده و تعدادی از دروس موجود در این گروه‌ها را بگذرانند، تا بدین ترتیب تخصص و دانش کافی را در یک زمینه مشخص به دست آورند. لازم به ذکر است که پروژه پایانی هر دانشجو باید در ارتباط با گروه دروس اختیاری انتخابی باشد. البته دانشجویان باید دو درس اختیاری را از سایر گروه‌ها انتخاب کنند. در جدول‌های ۲ و ۳ به ترتیب برنامه آموزشی دوره کارشناسی و دو گروه از دروس اختیاری ارائه‌شده در دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه پرینستون معرفی شده‌اند.

جدول ۲: برنامه درسی مقطع کارشناسی رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» در دانشگاه پرینستون^۱

عنوان دروس / گروه‌های درسی	تعداد دروس	مباحث کلی
علوم انسانی (۷ درس)	۸	دروس عمومی
مهارت نگارش		
ریاضیات (۴ درس)	۸	علوم پایه
شیمی عمومی		
فیزیک (۲ درس)		

۱. در این جدول و جدول‌های بعد، به منظور انتقال بهتر مفاهیم، نام دروس به زبان اصلی نوشته شده است.

علوم کامپیوتر	۹	دروس اصلی مهندسی شیمی
مهارت نگارش		
آشنایی با مهندسی شیمی		
ترمودینامیک		
آزمایشگاه مهندسی شیمی		
جداسازی در مهندسی شیمی و زیست‌فناوری		
پدیده‌های انتقال		
مهندسی واکنش‌های شیمیایی		
طراحی، ساخت و بهینه‌سازی فرایندهای شیمیایی		
پایان‌نامه		
معادلات دیفرانسیل	۴	مباحث پیشرفته علوم پایه
شیمی پیشرفته		
شیمی آلی		
زیست‌شناسی مولکولی یا سلولی		
Bioengineering and Biotechnology	۷	دروس اختیاری
Energy and Environmental Technology		
Materials and Product Engineering		
Optimization, Dynamics, and Information Technology		
Entrepreneurship and Management		
Science and Engineering for New Technologies		

جدول ۳: دو گروه از درس‌های اختیاری مقطع کارشناسی رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه پرینستون

گروه درس‌های اختیاری	
Energy and Environmental Technology	Bioengineering and Biotechnology
<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Environmental Engineering • Global Environmental Issues • Introduction to Water Pollution Technology • Engineering Design for Sustainable Development • Solar Energy Conversion • Fundamentals of Environmental Studies: Population, Land Use, Biodiversity, Energy • Energy Storage Systems • Biogeochemical Cycles and Global Change • 	<ul style="list-style-type: none"> • Enzymes • Dynamics of Cellular Processes • Biomolecular Engineering • Metabolic Engineering • Drug discovery in the Genomics Era • Molecular and Cellular Immunology • Biotechnology • Macromolecular Structure and Mechanisms in Disease • Developmental Neuroscience

دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه بریتیش کلمبیا در دو رشته به دانش‌آموختگان مقطع کارشناسی مدرک اعطا می‌کند (Chbe. UBC, 2017). در واقع، دانشجویان مقطع کارشناسی در سال دوم تحصیلی انتخاب می‌کنند که در کدام یک از زمینه‌های «مهندسی شیمی» و «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» ادامه تحصیل دهند. در صورت انتخاب رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»، دانشجویان وارد مرزهای مشترک علوم مهندسی و علوم زیستی می‌شوند. لذا دانشجویان این رشته در زمینه‌های زیست‌فناوری، فرایندهای زیست‌شیمی، داروسازی، مهندسی پزشکی و ... آموزش داده می‌شوند. لازم به ذکر است که بسیاری از دانش‌آموختگان رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» می‌توانند در زمینه‌های مرتبط با علوم پزشکی ادامه تحصیل دهند. برنامه درسی دانشجویان در دو حوزه «مهندسی شیمی» و «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه بریتیش کلمبیا بسیار شبیه یکدیگر است. تمام واحدهای درسی دانشجویان مذکور در دو سال اول یکسان است و در دو سال پایانی فقط در چند درس متفاوت هستند. البته لازم به ذکر است که دروس اختیاری اخذ شده (۱۵ واحد) توسط دانشجویان رشته‌های «مهندسی شیمی» و «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»، بسته به زمینه تحصیلی آنها متفاوت است. دروس اصلی ارائه شده به دانشجویان «مهندسی شیمی» و «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه بریتیش کلمبیا؛ در موارد گزارش شده در جدول ۴ متفاوت است. در جدول ۵ فهرست برخی از دروس اختیاری ارائه شده در دانشکده مزبور ارائه شده است. گفتنی است که برخی از این دروس در دانشکده‌های دیگری تدریس می‌شود.

جدول ۴: دروس اصلی متفاوت در برنامه درسی رشته‌های «مهندسی شیمی» و «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» در دانشگاه بریتیش کلمبیا

واحد	مهندسی شیمی	«مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»	ردیف
۳	Engineering Materials	Bioprocess Engineering I	۱
۲	Process and Environmental Engineering Laboratory	Biotechnology Laboratory	۲
۶	Chemical Process and Product Design	Biological Process and Product Design	۳
۳	Process Control Engineering	Bioprocess Engineering II	۴

اردلان گنجی‌زاده، امید وحیدی و سیدنظام‌الدین اشرفی‌زاده ۷

جدول ۵: برخی از دروس اختیاری ارائه‌شده در مقطع کارشناسی رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»

دانشگاه بریتیش کلمبیا

ردیف	نام درس	واحد
۱	Water Pollution Control	۳
۲	Transport in Biological Systems	۳
۳	Fuel Cell and Electrochemical Engineering	۳
۴	Hazardous Waste Processing Technology	۳
۵	Energy Engineering	۳
۶	Green Engineering	۳
۷	Air Pollution Prevention and Control	۳
۸	Interfacial Phenomena	۳
۹	Waste Management for Resource Recovery	۳
۱۰	Introductory Medical Biochemistry	۳
۱۱	Cell Biology I: Structural Basis*	۳
۱۲	Cell Biology II: Intro to Biochemistry*	۳
۱۳	Biophysical Chemistry*	۳
۱۴	Microorganisms in Food Systems*	۳
۱۵	Biofluids*	۳
۱۶	Biomaterials*	۳
۱۷	Chemical Pulping Technolgy	۳
۱۸	Thesis-Biotechnology Topic	۵
۱۹	General Biochemistry*	۳
۲۰	Introduction to Gross Human Anatomy*	۳
۲۱	Food Chemistry I*	۳
۲۲	Food Chemistry II*	۳
۲۳	Microorganisms in Food Systems*	۳
۲۴	Introduction to Biophysics*	۳

* این دروس در دانشکده‌های دیگر ارائه می‌شود.

در برخی دانشگاه‌ها مثل دانشگاه ژجیانگ و دانشگاه ایالتی آیووا^۱، دانشکده‌هایی با عنوان «دانشکده مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» تأسیس شده است، اما در مقطع کارشناسی رشته‌ای با

1. Iowa State University

این عنوان وجود ندارد. ممکن است در دانشگاه ژیبیانگ به دلیل برگزاری دوره‌های مهندسی مرتبط با زیست‌شناسی، که با مهندسی شیمی قرابت دارند، مانند «مهندسی داروسازی» و «مهندسی زیست‌شناسی»، در کنار دوره مهندسی شیمی، دانشکده را با این عنوان نام‌گذاری کرده باشند. دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه ایالتی آیووا فقط در رشته مهندسی شیمی فعال است، اما دو برنامه آموزشی به دانشجویان ارائه می‌دهد. دانشجویان این دانشکده مختارند که مطابق با علاقه خود، یکی از این دو برنامه آموزشی را انتخاب کنند. در برنامه آموزشی استاندارد، دروس متداول در مهندسی شیمی کلاسیک تدریس می‌شود، اما در برنامه آموزشی بهبودیافته، دانشجویانی، که علاقه‌مند هستند در آینده در صنایع مرتبط با زیست‌شناسی فعالیت کنند، می‌توانند از برخی دروس مرتبط با زیست‌شناسی بهره‌مند شوند. لازم به ذکر است که اکثر دروس اختیاری در نظر گرفته شده برای دانشجویان مشغول به تحصیل در برنامه‌های آموزشی نام‌برده متفاوت است.

در مقاطع تحصیلات تکمیلی نیز تفاوت‌هایی میان برنامه‌های دانشکده‌هایی که دوره «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» را برگزار می‌کنند وجود دارد. به‌عنوان مثال، در دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه بریتیش کلمبیا از میان دانش‌آموختگان رشته‌های گوناگون مهندسی، در مقاطع تحصیلات تکمیلی رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشجو پذیرفته و به دانش‌آموختگان مدرک کارشناسی ارشد و دکتری اعطا می‌شود. دروس ارائه‌شده به دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه بریتیش کلمبیا در جدول ۶ معرفی شده است. دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد دانشکده مذکور معمولاً پنج درس (سه واحدی)، سمینار (یک واحد) و پایان‌نامه (دو واحد) را می‌گذرانند. همچنین دانشجویان مقطع دکتری این دانشکده نیز باید دو درس (هر کدام سه واحد)، سمینار (یک واحد)، و پایان‌نامه (دو واحد) را اخذ کنند. لازم به ذکر است، دانشجویان مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری که در مقاطع تحصیلی پایین‌تر در رشته‌های مهندسی غیرمرتبط تحصیل کرده‌اند، باید پس از مشورت با استادان مشاور، با توجه به پیش‌زمینه‌ها و همچنین موضوع پایان‌نامه، تعدادی از دروس اصلی «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» را به‌عنوان دروس جبرانی اخذ کنند. این در حالی است که دانشجویان مقاطع دکتری و کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی و زیست‌شناسی در دانشگاه کلرادو بولدر باید حداقل ۳۰ واحد درسی را بگذرانند؛ یا در دانشگاه پرینستون (که در آن دوره کارشناسی ارشد رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» پژوهش‌محور است)، دانشجویان کارشناسی ارشد باید ۶ درس را اخذ کنند، اما گذراندن ۱۱ درس برای دانشجویان دکتری الزامی است.

جدول ۶: فهرست برخی از دروس ارائه شده به دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی رشته «مهندسی شیمی

و زیست شناسی» دانشگاه بریتیش کلمبیا

واحد	نام درس	ردیف
۳	Advanced Reactor Design	۱
۳	Chemical and Biological Engineering Thermodynamics	۲
۳	Mathematical Operations in Chemical Engineering	۳
۳	Momentum, Heat and Mass Transfer	۴
۳	Bioprocess Engineering	۵
۳	Industrial Biotechnology Laboratory	۶
۳	Air Pollution Control	۷
۳	Chemical & Biological Industrial Water Treatment Design	۸
۳	Electrochemical Science, Engineering and Technology	۹
۳	Energy Engineering	۱۰
۳	Sustainable Energy Systems*	۱۱
۳	Energy Storage and Transmission*	۱۲
۳	Energy and the Environment*	۱۳
۳	Building Blocks of Forest Biomass*	۱۴
۳	Biomass Fractionation Chemistry*	۱۵
۳	Bioenergy and Biorefinery*	۱۶
۳	Water and Wastewater Management Strategies*	۱۷

* این دروس در دانشکده های دیگر دانشگاه ارائه می شود.

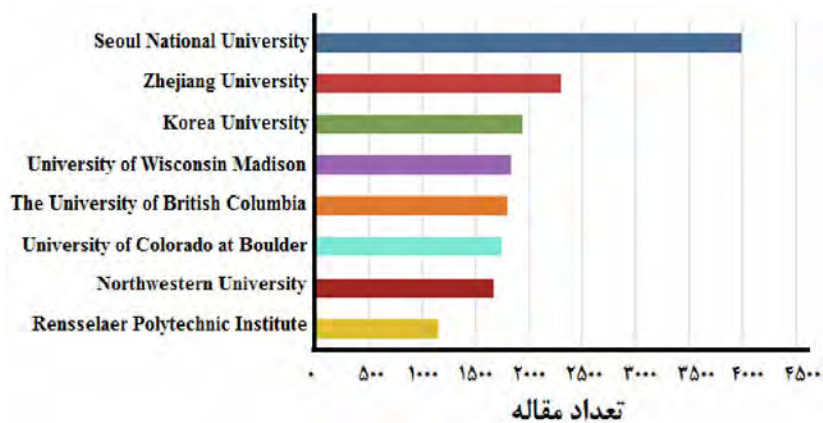
زمینه های فعالیت تحقیقاتی در دانشکده «مهندسی شیمی و زیست شناسی» دانشگاه های مختلف، کمابیش مشابه است. به عنوان مثال، فعالیت های تحقیقاتی انجام شده در دانشکده «مهندسی شیمی و زیست شناسی» دانشگاه بریتیش کلمبیا به چهار زیرشاخه زیست فناوری و مهندسی زیست پزشکی، مهندسی محیط زیست، مهندسی فرایندهای شیمیایی، و مواد و انرژی تقسیم می شود. پژوهشگران فعال در زمینه زیست فناوری، به تحقیق درباره زیست انرژی، تولید زیستی^۱، سنتز دارویی، مهندسی پزشکی، مهندسی بافت و زیست شناسی مصنوعی^۲ می پردازند. موضوع تحقیقات پژوهشگران فعال در شاخه محیط زیست، استفاده از روش های زیستی و شیمیایی برای مبارزه با آلودگی های محیط زیستی است. تحقیق درباره روش های کنترل و ذخیره سازی دی اکسید کربن، بررسی روش های تصفیه زیستی، شیمیایی و فیزیکی آب، هوا و خاک، و تحقیق راجع به منابع تجدید پذیر تولید انرژی، نمونه هایی از

1. Biomanufacturing
2. Synthetic Biology

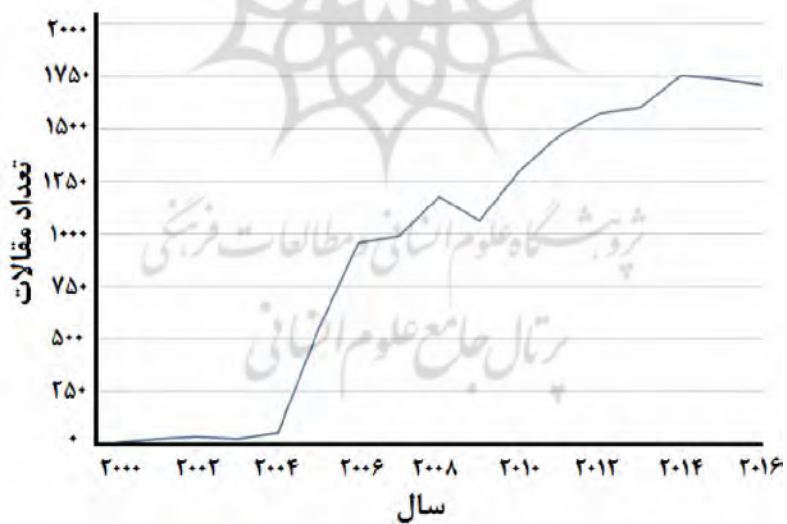
موضوعات تحقیقات این گروه از پژوهشگران است. محققان فعال در زمینه مهندسی فرایندهای شیمیایی به تحقیق و پژوهش در زمینه روش‌های سودآور اقتصادی، ایمن و دوستدار محیط‌زیست تولید محصولات صنعتی می‌پردازند. موضوع فعالیت پژوهشگران در شاخه مواد و انرژی، تحقیق و پژوهش درباره منابع تجدیدپذیر تولید انرژی مثل زیست‌توده‌ها، روش‌های پاک استفاده از سوخت‌های فسیلی، روش‌های تبدیل انرژی با استفاده از پیل‌های سوختی، تصفیه آلاینده‌های تولیدشده از فرایندهای تولید انرژی مثل کربن‌دی‌اکسید و ... است. دروس گزارش‌شده در جدول‌های ۲ تا ۶ و همچنین زمینه‌های تحقیقاتی دانشجویان رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» نشان می‌دهند که این رشته اکثر زمینه‌های مختلف مهندسی مرتبط با زیست‌شناسی را پوشش می‌دهد و از سایر رشته‌های مهندسی شیمی مرتبط با زیست‌شناسی جنبه عمومی‌تری دارد.

نتایج تحقیقات و پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» را می‌توان در قالب مقالات چاپ‌شده در نشریات علمی مشاهده کرد. در این بخش از پژوهش حاضر، با استناد به آمار موجود در پایگاه اطلاعاتی اسکوپوس، به بررسی آمار مقالات علمی منتشرشده توسط دانشکده‌های «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» پرداخته شده است. در شکل ۱ دانشگاه‌هایی، که دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» آنها بیشترین تعداد مقالات را چاپ کرده‌اند، معرفی شده است. در شکل ۲ روند تولید مقاله توسط پژوهشگران فعال در دانشکده‌های نام‌برده در شکل ۱ نمایش داده شده است.

یکی دیگر از پارامترهایی که نه‌تنها بیانگر توانایی‌های بالقوه حوزه «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»، در خدمت به دانش و صنعت، بلکه نشان‌دهنده گستره موضوعات قابل‌بحث و پیگیری آن است، تعداد همایش‌ها و هم‌اندیشی‌هایی است که موضوعات آنها به نوعی با حوزه «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» مرتبط هستند. در جدول ۷ فهرستی از چنین همایش‌هایی ارائه شده است.



شکل ۱: دانشگاه‌هایی که دانشکده‌های «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» آنها در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ بیشترین تعداد مقالات چاپ‌شده را داشته است.



شکل ۲: تعداد مقالات چاپ‌شده توسط پژوهشگران واحدهای آموزشی «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» معرفی شده در شکل ۱

جدول ۷: فهرستی از همایش‌ها و کنفرانس‌های بین‌المللی در زمینه «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»

ردیف	نام کنفرانس	تعداد ادوار برگزار
۱	International Conference on Chemical and Biological Engineering (ICCBCE)	۱۹
۲	The Metabolic Engineering Conference	۱۱
۳	International Conference on Innovations in Chemical, Biological, Agricultural and Environmental Engineering (ICIBCAE)	۶
۴	International Conference on Biomolecular Engineering (ICBE)	۷
۵	International Conference on Chemical and Bioprocess Engineering (ICCBCE)	۱۹
۶	International Conference on Chemical, Biochemical and Biomolecular Engineering (ICCBBE)	۱۹
۷	International Conference on Chemical, Biomolecular Engineering and Applications (ICCBEA)	۱۹
۸	International Congress on Biocatalysis	۸
۹	International Conference on Green Chemistry and Sustainable Engineering (ICGCSE)	۱۹
۱۰	International Conference on Nano and Biomaterials (ICNB)	۱۹
۱۱	International Conference on Biocatalysts and Enzyme Technology (ICBET)	۱۹
۱۲	Symposium of Enzyme & Biocatalysis	۷
۱۳	International Conference on Bioengineering and Synthetic Biology (ICBSB)	۱۹

۳. فراگیری رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» در ایران

در ایران، علی‌رغم پیدایش پژوهشگاه‌های فعال در زمینه علوم زیستی و سرآمدبودن دانشمندان حوزه ژنتیک، توجه دانشکده‌های مهندسی شیمی بیشتر به سمت حوزه‌های نفت، گاز، پتروشیمی و بسپار جلب شده است. البته در چند دانشگاه، در مقطع تحصیلات تکمیلی، برای رشته مهندسی شیمی گرایش‌های زیست‌پزشکی و بیوتکنولوژی تعریف شده، اما تاکنون هیچ گزارشی مبنی بر تغییر نام دانشکده‌های مهندسی شیمی ایران و واردشدن علوم زیستی در عنوان آنها مشاهده نشده است. دانشگاه تربیت مدرس اولین دانشگاه ایرانی بود که اقدام به برگزاری دوره کارشناسی ارشد رشته

مهندسی شیمی در گرایش بیوتکنولوژی کرد. در حال حاضر، باتوجه‌به اینکه در دانشکده‌های مهندسی شیمی، علوم زیستی، علوم پایه پزشکی، و کشاورزی این دانشگاه رشته بیوتکنولوژی در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری دایر است و بیش از ۷۰ نفر عضو هیأت‌علمی آن در زمینه‌های مختلف بیوتکنولوژی مشغول به کار هستند، دانشگاه تربیت مدرس به‌عنوان اولین قطب علمی بیوتکنولوژی کشور شناخته می‌شود (کاتالوگ گروه بیوتکنولوژی و زیست‌شناسی، ۱۳۹۵). البته پس از این دانشگاه، دانشگاه‌های دیگر نیز اقدام به برگزاری دوره‌های مهندسی شیمی مرتبط با زیست‌شناسی کردند و به مرور زمان در برخی دانشگاه‌ها رشته مهندسی زیست‌پزشکی نیز به گرایش‌های موجود در مهندسی شیمی در مقاطع تحصیلات تکمیلی افزوده شد. بنابر اطلاعات موجود در پایگاه سازمان سنجش آموزش کشور، دانشگاه‌های نام‌برده در جدول ۸، در مرزهای مهندسی شیمی و علوم زیستی فعال هستند. در جدول‌های ۹ و ۱۰ دروس ارائه‌شده در مقطع کارشناسی ارشد گرایش‌های بیوتکنولوژی و زیست‌پزشکی رشته مهندسی شیمی دانشگاه تهران گزارش شده است. لازم به ذکر است که در دانشگاه تهران، رشته مهندسی شیمی گرایش زیست‌پزشکی در ذیل دانشکده علوم و فنون نوین قرار گرفته است. دانشجویان گرایش بیوتکنولوژی از میان دروس اختیاری باید دو مورد را اخذ کرده و دانشجویان گرایش زیست‌پزشکی باید حداقل یکی از دروس مهندسی بافت و طراحی بیورآکتور و یکی از دروس سامانه‌های ره‌ایش کنترل‌شده دارو و طراحی آزمایش‌ها را اخذ کنند. همچنین، در میان دانشگاه‌های مادر، دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تهران رشته مهندسی داروسازی را نیز در میان گرایش‌های ارائه‌شده در مقطع کارشناسی ارشد خود گنجانده است. در جدول ۱۱ دروس ارائه‌شده به دانشجویان مهندسی شیمی گرایش داروسازی این دانشگاه معرفی شده است. دانشجویان این رشته باید از میان دروس اختیاری دو مورد را اخذ کنند. نکته قابل توجه دیگر این است که گرایش‌های مهندسی داروسازی و بیوتکنولوژی در مهندسی شیمی، جزء رشته‌های شناور کنکور سراسری است و آزمون ورودی آنها مستقل از آزمون ورودی گرایش‌های دیگر مهندسی شیمی برگزار می‌شود.

آنچه گفته شد، نشان می‌دهد که در ایران زیست‌شناسی جایگاه قابل‌توجهی در برنامه‌های آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی شیمی ندارد. لذا بخش بزرگی از نیروهای کار تربیت‌شده توسط دانشگاه‌ها ابزار لازم را برای مقابله با چالش‌های زیستی پیش‌روی صنایع مرتبط با مهندسی شیمی ندارند. همچنین می‌توان گفت که فعالیت‌های علمی و پژوهشی دانشکده‌های مهندسی شیمی به برگزاری سه گرایش خاص در مقاطع تحصیلات تکمیلی در چند دانشگاه محدود شده است، لذا بخش محدودی از مهندسان شیمی، که ادامه تحصیل می‌دهند، فرصت آشنایی با ابزار زیست‌شناسی را پیدا

می‌کنند. در دانشگاه‌های معتبر خارجی، دانش‌آموختگان رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» در اکثر مرزهای مشترک مهندسی شیمی و زیست‌شناسی قادر به فعالیت هستند، اما در ایران معدود مهندسان شیمی متخصص در گرایش‌های مرتبط با زیست‌شناسی، با جنبه‌ای خاص از زمینه‌های مهندسی مرتبط با زیست‌شناسی آشنا هستند. همه موارد فوق‌گویای این مطلب است که برای بهبود کارایی دانش‌آموختگان، پژوهشگران و صنایع مرتبط با مهندسی شیمی توجه به زیست‌شناسی از سال‌های ابتدایی دوره کارشناسی و همچنین برگزاری رشته‌های جامع‌تر مانند «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» می‌تواند راهگشا باشد.

جدول ۸: فهرست دانشگاه‌های دولتی ایران که زیست‌شناسی را در حوزه مهندسی شیمی وارد کرده و مدارکی که ارائه می‌دهند^۱

(دفترچه راهنمای انتخاب رشته آزمون ورودی تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد)، ۱۳۹۵؛ راهنمای انتخاب رشته‌های تحصیلی آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه متمرکز)، ۱۳۹۵).

ردیف	نام دانشگاه	نام رشته	مقطع تحصیلی
۱	دانشگاه تهران	مهندسی شیمی گرایش زیست‌پزشکی	کارشناسی ارشد
		مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد
		مهندسی شیمی گرایش داروسازی	کارشناسی ارشد
۲	دانشگاه تربیت مدرس	مهندسی شیمی گرایش زیست‌پزشکی	کارشناسی ارشد
		مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد و دکتری
۳	دانشگاه صنعتی شریف	مهندسی شیمی گرایش زیست‌پزشکی	کارشناسی ارشد
		مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد
۴	دانشگاه صنعتی بابل	مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد و دکتری
۵	دانشگاه اصفهان	مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد و دکتری
۶	دانشگاه سهند	مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد
۷	دانشگاه فردوسی	مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد
۸	دانشگاه علم و صنعت ایران	مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد
۹	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی	کارشناسی ارشد

۱. در این پژوهش به جای واژه بیوتکنولوژی، از کلمه زیست‌فناوری استفاده شده است، اما به دلیل آنکه وزارت علوم از واژه بیوتکنولوژی در نام‌گذاری یکی از گرایش‌های مهندسی شیمی استفاده کرده است، در این جدول نیز چنین واژه‌ای به کار گرفته شده است.

جدول ۹: دروس ارائه شده به دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی

دانشگاه تهران

ردیف	نام درس	نوع درس	واحد
۱	مهندسی بیوشیمی	جبرانی	۳
۲	میکروبیولوژی عمومی	جبرانی	۲
۳	طراحی بیوراکتورها	اصلی	۳
۴	ریاضیات مهندسی پیشرفته	اصلی	۳
۵	پدیده‌های انتقال در سیستم‌های بیولوژیکی	اصلی	۳
۶	میکروبیولوژی صنعتی و فرایندهای تخمیری	اصلی	۳
۷	بازيافت و جداسازی زیستی	اصلی	۳
۸	محیط زیست پیشرفته	اختیاری	۳
۹	طراحی آزمایش‌ها و آمار کاربردی	اختیاری	۳
۱۰	تکنولوژی آنزیم	اختیاری	۲
۱۱	فرایندهای بیوتکنولوژی پیشرفته	اختیاری	۱

جدول ۱۰: دروس ارائه شده به دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی گرایش

زیست‌پزشکی دانشگاه تهران

ردیف	نام درس	نوع درس	واحد
۱	فیزیولوژی عمومی	جبرانی	۲
۲	بیوشیمی عمومی	جبرانی	۲
۳	بیولوژی مولکولی	جبرانی	۲
۴	زبان تخصصی	جبرانی	۲
۵	ریاضیات مهندسی پیشرفته*	اصلی	۳
۶	مهندسی پلیمر	اصلی	۳
۷	پدیده‌های انتقال	اصلی	۳
۸	ترمودینامیک پیشرفته	اصلی	۳
۹	زیست‌موادها	اصلی	۳
۱۰	سامانه‌های ره‌ایش کنترل‌شده دارو	اختیاری	۳
۱۱	طراحی آزمایش‌ها*	اختیاری	۳
۱۲	مهندسی بافت	اختیاری	۳
۱۳	طراحی بیوراکتورها*	اختیاری	۳
۱۴	آزمایشگاه عمومی پلیمر	اختیاری	۱

* این دروس با گرایش بیوتکنولوژی مشترک هستند.

جدول ۱۱: فهرست دروس ارائه‌شده در رشته مهندسی شیمی گرایش داروسازی در دانشگاه تهران

ردیف	نام درس	نوع درس	واحد
۱	مقدمه‌ای بر علوم داروسازی	جبرانی	۳
۲	طراحی بیوراکتور	جبرانی	۳
۳	مهندسی بیوشیمی	جبرانی	۳
۴	مهندسی راکتور پیشرفته	اصلی	۳
۵	طراحی فرایندهای صنایع داروسازی	اصلی	۳
۶	ریاضیات پیشرفته	اصلی	۳
۷	پدیده‌های انتقال و صنایع داروسازی	اصلی	۳
۸	تکنولوژی پودر	اصلی	۳
۹	افزایش مقیاس دستگاه‌ها	اختیاری	۳
۱۰	فرایند اختلاط	اختیاری	۳
۱۱	آزمایشگاه تکمیلی فرایندهای داروسازی	اختیاری	۳

۴. ارتباط حوزه «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» با صنعت

حوزه «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» و متخصصان فعال در آن قادرند در زمینه‌های مختلفی به جامعه، صنعت و اقتصاد خدمت کنند. وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا^۱ پیش‌بینی کرده است که ارزش محصولات شیمیایی تولیدشده به روش‌های زیستی تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۴۰۰ میلیارد دلار برسد. همچنین پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۳۰ نیمی از مواد شیمیایی موجود در بازار را محصولات زیستی تشکیل دهند که به روش‌های زیستی تولید شده‌اند (اسداللهی و کمالی، ۱۳۸۸).

بررسی‌های آماری انجمن مهندسان شیمی آمریکا^۲ در سال ۲۰۰۵ نشان داد که درصد اشتغال مهندسان شیمی در صنایع زیستی، داروسازی و پزشکی، و صنایع نفت و گاز تقریباً یکسان (حدود ۱۲/۸ درصد) بوده است (Chen, 2007). آمارهای منتشرشده توسط وزارت کار کشور آمریکا^۳ پیش‌بینی کرده‌اند که فرصت‌های شغلی موجود برای مهندسان شیمی در بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ رشد ۸ درصدی داشته باشد. بر اساس این گزارش‌ها، درصد کلی اشتغال در صنایع تولیدی دچار کاهش خواهد شد، اما کارخانجات به فعالیت‌های خود در زمینه تحقیق و توسعه فرایندهای پربازده تولید محصولات جدید ادامه خواهند داد. همچنین گزارش شده است که در میان صنایع تولیدی، شرکت‌های داروسازی بهترین فرصت‌های

-
1. US Department of Energy
 2. AICHE
 3. US Department of Labor

شغلی را برای مهندسان شیمی متقاضی کار فراهم خواهند کرد. اما به نظر می‌رسد که صنایع خدماتی مانند شرکتهای ارائه‌دهنده خدمات علمی، فنی و حرفه‌ای در زمینه‌های انرژی، نانو فناوری و زیست‌فناوری، نسبت به سایر صنایع، نیروی کار بیشتری را جذب کنند (Career Coner Stone, 2014). آمار مذکور نشان می‌دهد که اغلب موقعیت‌های شغلی جدید با حوزه «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» تناسب بیشتری داشته و لذا بخت «مهندسان شیمی و زیست‌شناسی» نسبت به «مهندسان شیمی» برای دریافت شغل بیشتر است.

برای آنکه تأثیر «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» بر اقتصاد و کارآفرینی بهتر درک شود، مرور فعالیت‌های جانبی دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه کلرادو بولدر می‌تواند مفید باشد. دانشجویان و پژوهشگران فعال در دانشکده «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» دانشگاه کلرادو بولدر با عرضه نتایج فعالیت‌ها و نوآوری‌های خود، به کارآفرینی و افزایش سرمایه‌گذاری در ایالت کلرادو کمک شایانی کرده‌اند. طبق گزارش ارائه‌شده توسط این دانشکده، از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۱۱، تعداد ۱۰ شرکت با استفاده از فناوری‌های ابداعی این دانشکده تأسیس شدند و بیش از ۲۰ دانشجو در توسعه چنین شرکت‌هایی نقش فعال داشته‌اند. تا سال ۲۰۱۱ در شرکت‌های مزبور بیش از ۴۱۰ میلیون دلار، توسط کارخانجات، شرکت‌ها و سازمان‌های مختلف سرمایه‌گذاری شده است. شرکت‌های مزبور، در زمینه تجاری‌سازی مواد شیمیایی و سوخته‌های جایگزین، نانو مواد، واکسن‌ها و پروتئین‌های درمانی فعالیت می‌کنند. در میان شرکت‌های مورد بحث، شرکت «کوپرنیک انرژی»^۱ که در زمینه سوخته‌های پاک‌زیستی فعالیت است، با استفاده از رآکتورهای دما بالا و مواد سلولزی سوخت تولید می‌کند. شرکت «باروفولد»^۲ در زمینه فناوری‌هایی، که هزینه تولید و ایمنی پروتئین‌های درمانگر را به ترتیب کاهش و افزایش می‌دهند، فعالیت می‌کند. از میان سایر شرکت‌های تأسیس شده توسط این دانشکده می‌توان به شرکت «مهندسی یون»^۳ که در زمینه سیالات یونی و کاربرد آنها در حذف کربن و سایر آلاینده‌ها از گازها فعال است، و همچنین شرکت «ار ایکس کینتیکس»^۴ که به تجاری‌سازی سامانه‌های دارورسانی خاص می‌پردازد، و در سال ۲۰۰۶ توسط شرکت داروسازی «اندو»^۵ خریداری شده است، اشاره کرد (CU Boulder Today, 2011).

1. Copernican Energy
2. BaroFold
3. Ion Engineering
4. Rx Kinetix
5. Endo Pharmaceuticals

مسئولان دانشگاه پرینستون در سال ۲۰۱۶ تحقیقی درباره زمینه‌های فعالیت دانش‌آموختگان مقطع کارشناسی پنج سال اخیر رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» این دانشگاه انجام دادند (Chemical and Biological Engineering Undergraduate Handbook, 2016). که نتایج آن در جدول ۱۲ نمایش داده شده است. از داده‌های این جدول و سایر مطالبی که مورد اشاره قرار گرفت، چنین استنتاج می‌شود که به‌واسطه برنامه آموزشی انعطاف‌پذیر و پربار رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» می‌توان متخصصانی پرورش داد که قادر باشند در گستره وسیعی از زمینه‌ها از فرایندهای شیمیایی گرفته تا داروسازی و تولید انرژی، به جامعه خدمت کنند.

پیش‌تر در ایران مهندسان شیمی در صنایعی مانند صنایع غذایی و صنایع مرتبط با محیط‌زیست فعال بوده‌اند؛ اما طی سال‌های اخیر با راه‌اندازی شرکت‌های فعال در زمینه مشاوره، طراحی و تولید سامانه‌های مورد استفاده در زمینه زیست‌فناوری (تخمیرکننده‌ها، راکتورهای زیستی، و ...)، شرکت‌های فعال در زمینه تولید سوخت‌های زیستی، و همچنین شرکت‌هایی، که در حوزه تولید و توسعه کیت‌های آزمایشگاهی فعالیت می‌کنند، بستر مناسبی برای فعالیت مهندسان «شیمی و زیست‌شناسی» فراهم شده است. همچنین، با اهمیت یافتن بحث داروهای نو ترکیب، برخی شرکت‌های داروسازی در سال‌های اخیر به استفاده از مهندسان شیمی آشنا با فرایندهای کشت و پالایش سلولی روی آورده‌اند. نکته مهم و اساسی آن است که شرط لازم برای فعالیت مهندسان شیمی در چنین شرکت‌هایی آشنایی با دانش زیست‌شناسی است. به نظر می‌رسد که نظام آموزشی مهندسی شیمی قادر به پاسخگویی به نیاز این بخش از صنعت نیست، چراکه فقط کارشناسان مهندسی شیمی با تجربه کاری در زمینه‌های مرتبط با زیست‌شناسی یا عده محدودی، که در دوره کارشناسی ارشد در گرایش‌های مرتبط ادامه تحصیل داده‌اند، فرصت فعالیت در چنین صنایعی را پیدا خواهند کرد. به هر حال، در آینده توسعه حوزه‌های «زیست‌فناوری»، «ریزیالش» و ... صنعت دنیا، و در نتیجه آن، صنعت ایران را هرچه بیشتر تحت تأثیر قرار داده و لذا پیش‌بینی می‌شود که در آینده، صنعت کشور به حضور متخصصان حوزه‌هایی مانند «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» به‌شدت نیازمند خواهد بود.

جدول ۱۲: زمینه‌های فعالیت دانش‌آموختگان مقطع کارشناسی رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»
دانشگاه پرینستون طی سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶
(Chemical and Biological Engineering Undergraduate Handbook, 2016)

ردیف	حوزه فعالیت	درصد دانش‌آموختگان
۱	ادامه تحصیل در زمینه مهندسی	۲۸٪
۲	ادامه تحصیل در زمینه پزشکی	۵٪
۳	صنایع شیمیایی	۱۳٪
۴	مشاوره	۸٪
۵	خدمات مالی	۷٪
۶	صنایع داروسازی	۵٪
۷	شرکت نوپا	۲٪
۸	صنایع الکترونیک	۲٪
۹	صنایع غذایی	۲٪
۱۰	تدریس	۲٪
۱۱	خدمات عمومی	۱٪
۱۲	مؤسسات غیرانتفاعی	۱٪
۱۳	فعالیت در زمینه‌های غیرمرتبط (ورزش حرفه‌ای، تجارت و ...)	۱۱٪
۱۴	نامعلوم	۱۳٪

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله، در ادامه مطالب ارائه‌شده در بخش پیشین، شرایط تحصیل در رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»، برنامه‌های آموزشی و پژوهشی موجود، دانشگاه‌های پیشرو، روند تولید علم، همایش‌های مرتبط و موقعیت صنعتی دانش‌آموختگان این رشته مورد بررسی قرار گرفت. گزارش شد که بر اساس آمارهای موجود تا سال ۲۰۰۷، در ۱۸ درصد از دانشکده‌های مهندسی شیمی آمریکا نام دانشکده مهندسی شیمی به‌نوعی با زیست‌شناسی پیوند خورده و در نتیجه دانشکده‌هایی با نام‌های «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی»، «مهندسی شیمی و زیست‌شیمی» و ... پدید آمده‌اند. گفته شد که رشته «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» نسبت به سایر رشته‌های حاصل از پیوند زیست‌شناسی و مهندسی شیمی جامع‌تر بوده و برنامه‌های آموزشی برترین دانشکده‌های فعال در آن رشته مرور شد. مشاهده شد که جزئیات برنامه‌های آموزشی ارائه‌شده در دانشکده‌های مختلف متفاوت است. با این

1. Startup Company

حال، می‌توان گفت که عموماً در مقطع کارشناسی با ارائه دروس پایه در زمینه زیست‌شناسی و سپس با پیوند دادن دروس اصلی مهندسی شیمی با مباحث زیست‌شناسی و در نهایت ارائه دروس اختیاری مربوطه، دانشجویانی آشنا با مباحث مهندسی شیمی و زیست‌شناسی را تربیت می‌کنند. آماري که در ارتباط با سیر صعودی مقالات ارائه‌شده توسط دانشکده‌های «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» ارائه شد و همچنین تعداد همایش‌ها و صنایع مختلفی که در ارتباط با این حوزه راه‌اندازی شده‌اند، همگی نشان از روبه‌رشد بودن این حوزه و صنایع مرتبط با آن داشته و روند گرایش دانشکده‌های مهندسی شیمی به سمت این حوزه بیان‌گر آینده تأثیرگذار آن است. این در شرایطی است که مهندسی شیمی در ایران (حداقل در مقطع کارشناسی) به کلی با زیست‌شناسی بیگانه است. در مقاطع تحصیلات تکمیلی نیز فقط بخشی از دانشجویان که فرصت تحصیل در گرایش‌های زیست‌فناوری، زیست‌پزشکی و مهندسی داروسازی را پیدا می‌کنند، تا حدودی در حوزه زیست‌شناسی وارد می‌شوند. به‌طور کلی، می‌توان گفت موج پیدایش حوزه‌های جدید و پیشرفت سریع آنها دیر یا زود کشور ایران را نیز دربرگرفته، و این امر در کنار چالش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و صنعتی موجود، ضرورت تربیت متخصصانی که بتوانند در حوزه «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» فعالیت کنند را به اثبات می‌رساند. بنابراین، به نظر می‌رسد که مراکز آموزشی کشور باید، همانند مراکز آموزشی کشورهای پیشرفته صنعتی، برنامه آموزشی خود را با چالش‌های زیست‌محیطی، صنعتی و اقتصادی روز هماهنگ کنند. این مقاله در همین راستا برنامه آموزشی «مهندسی شیمی و زیست‌شناسی» را به‌عنوان گونه ارتقایافته‌ای از برنامه آموزشی «مهندسی شیمی» پیشنهاد می‌کند.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از شورای پژوهشی دانشگاه علم و صنعت ایران به‌سبب حمایت و پشتیبانی از انجام این پژوهش تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

مراجع

- اسداللهی، محمدعلی و کمالی، مهدی (۱۳۸۸). نقش مهندسی متابولیک در توسعه شیمی سبز. مهندسی شیمی ایران، ۹ (۵۰)، ۹۹-۸۹.
- دفترچه راهنمای انتخاب رشته آزمون ورودی تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد) (۱۳۹۵). سازمان سنجش آموزش کشور، ۲۰۸-۱۴۳.

- راهنمای انتخاب رشته‌های تحصیلی آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌متمرکز). (۱۳۹۵). سازمان سنجش آموزش کشور.
- کاتالوگ گروه بیوتکنولوژی و زیست‌شناسی. (۱۳۹۵). گروه بیوتکنولوژی و زیست‌پزشکی دانشگاه تربیت مدرس، استخراج شده از وبگاه: <http://www.modares.ac.ir/?siteid=34&pageid=3632>
- Career Corner Stone. (2014). Chemical Engineering Overview. Retrieved from [http:// www.careercornerstone.org/](http://www.careercornerstone.org/).
- Chbe. UBC. (2017). Programs. Retrieved from [http:// www.chbe.ubc.ca/ academics/undergraduate/ programs/](http://www.chbe.ubc.ca/academics/undergraduate/programs/).
- Chemical and Biological Engineering Undergraduate Handbook. (2016). Retrieved from https://www.princeton.edu/cbe/undergrad/Undergrad_Handbook.pdf.
- Chen, J. C. (2007). Where is the chemical engineering industry headed? *Chemical Engineering Process*, 103, 26–29.
- CU Boulder Today. (2011). CU-Boulder chemical and biological engineers help fuel economy with 10 entrepreneurial startups. Retrieved from <http://www.colorado.edu/today/2011/08/15/cu-boulder-chemical-and-biological-engineers-help-fuel-economy-10-entrepreneurial>.
- Varma, A. (2003). Future directions in chemical engineering education: A new path to glory. *Chemical Engineering Education*, 37, 284–289.