

THE ENGINEER OF مهندس 2020

تصویری از
مهندسی در
قرن جدید

فرهنگستان ملی مهندسی امریکا

ترجمه خلاصه‌ای از کتاب:

مهندس ۲۰۲۰

تصویری از مهندسی در قرن جدید

فرهنگستان ملی مهندسی امریکا

انتشارات فرهنگستان‌های ملی

واشنگتن دی سی

www.nap.edu

۲۰۰۴

آموزشکده فنی شهید بهشتی کرج

(استفاده علمی از این ترجمه، بلا مانع است.)

فرهنگستان‌های ملی

مشاوران کشور در علم، مهندسی و پزشکی

فرهنگستان ملی علوم

یک انجمن خصوصی غیرانتفاعی از دانش‌پژوهان برجسته است که در زمینه‌های علمی و مهندسی پژوهش می‌کنند. طبق مجوز کنگره در سال ۱۸۶۳ این انجمن در موضوعات علمی و فنی به دولت مشاوره می‌دهد.

فرهنگستان ملی مهندسی

در سال ۱۹۶۴ تاسیس شد و سازمانی است که زیر نظر فرهنگستان ملی علوم، به دولت، مشاوره می‌دهد. همچنین حامی برنامه‌های مهندسی با هدف دستیابی به اهداف ملی، تشویق آموزش و پرورش و شناسایی موفقیتهای ممتاز مهندسی است.

انجمن پزشکی

در سال ۱۹۷۰ توسط فرهنگستان ملی علوم، جهت رسیدگی به موضوعات سیاسی مرتبط با بهداشت جامعه، تاسیس گردید و زیر نظر فرهنگستان ملی علوم به دولت مشاوره می‌دهد.

شورای پژوهش ملی

در سال ۱۹۱۶ توسط فرهنگستان ملی علوم برای هم سو نمودن انجمن علم و تکنولوژی با اهداف فرهنگستان، جهت پیشرفت دانش و مشاوره به دولت، تاسیس شد. این شورا به طور مشترک توسط فرهنگستان ملی علوم و فرهنگستان ملی مهندسی و انجمن پزشکی اداره می‌شود.

قدردانی ...

از شرکت Honeywell International

شرکت Honeywell International یک شرکت پیشرو در تکنولوژی و ساخت با تنوع تولید در محصولات و خدمات هوافضا، تکنولوژی‌های کنترل برای ساختمان‌ها و خانه‌ها و صنعت، صنعت اتومبیل، سیستم‌های تولید قدرت، مواد شیمیایی خاص، فیبرها، پلاستیک‌ها و مواد پیشرفته است.

از بنیاد NEC آمریکا

این بنیاد در سال ۱۹۹۱ تاسیس شده است و درآمدهای حاصل از وقف را به سازمان‌های غیر انتفاعی در آمریکا اعطا می‌کند تا به افرادی که برای رشد مرزهای تکنولوژی مهارت دارند کمک شود. از سال ۲۰۰۳ این بنیاد بر موضوع "تکنولوژی برای افراد دارای ناتوانی جسمی"، تمرکز دارد.

از بنیاد ملی علم (NSF)

این بنیاد در سال ۱۹۵۰ توسط کنگره تاسیس شده است و تنها آژانس فدرال می‌باشد که به حمایت از آموزش و پژوهش بنیادی در تمام رشته‌های علمی و مهندسی اختصاص دارد. مأموریت NSF آن است که مطمئن شود آمریکا رهبری خود را در اکتشافات علمی و توسعه تکنولوژی‌های جدید، حفظ می‌کند.

از بنیاد SBC

این بنیاد در سال ۱۹۸۴ تاسیس شده است و از برنامه‌ها و سازمان‌هایی که در مورد رشد برنامه‌های آموزشی کار می‌کنند حمایت می‌نماید. دسترسی بیشتر به تکنولوژی‌های اطلاعاتی، آموزش وسیع‌تر تکنولوژی و توسعه مهارت‌های حرفه‌ای و یکپارچه نمودن تکنولوژی‌های جدید برای تسهیل آموزش و توسعه اقتصادی، از برنامه‌های این بنیاد است.

گروه پژوهش پروژه مهندس ۲۰۲۰

G. WAYNE CLOUGH (NAE), *Chair*, Georgia Institute of Technology
 ALICE M. AGOGINO (NAE), University of California, Berkeley
 GEORGE CAMPBELL, JR., the Cooper Union for the Advancement of Science and Art
 JAMES CHAVEZ, Sandia National Laboratories
 DAVID O. CRAIG, Reliant Energy
 JOSE B. CRUZ, JR. (NAE), Ohio State University
 PEGGY GIRSHMAN, National Public Radio
 DANIEL E. HASTINGS, Massachusetts Institute of Technology
 MICHAEL J. HELLER, University of California, San Diego
 DEBORAH G. JOHNSON, University of Virginia
 ALAN C. KAY (NAE), Hewlett-Packard Company
 TAREK M. KHALIL, University of Miami
 ROBERT W. LUCKY (NAE), Telcordia Technologies
 JOHN M. MULVEY, Princeton University
 SHARON L. NUNES, International Business Machines, Inc.
 HENRY PETROSKI (NAE), Duke University
 SUE V. ROSSER, Georgia Institute of Technology
 ERNEST T. SMERDON (NAE), University of Arizona

رابط پروژه

STEPHEN W. DIRECTOR (NAE), University of Michigan

کارکنان دفتر برنامه فرهنگستان ملی مهندسی (NAE)

PATRICIA F. MEAD, Study Director
 JORDAN J. BARUCH, Fellow
 MATHEW CAIA, Project Assistant (through March 2003)
 LANCE DAVIS, Executive Officer and Acting Director, Program Office
 ELIZABETH HOLLENBECK, Intern
 NATHAN KAHL, Project Assistant
 JAMIE OSTROHA, Intern
 ERICKA REID, Intern
 PROCTOR REID, Associate Director, Program Office

گروه آموزش مهندسی

STEPHEN W. DIRECTOR (NAE), *Chair*, University of Michigan
 ALICE M. AGOGINO (NAE), University of California, Berkeley
 ANJAN BOSE (NAE), Washington State University
 ANTHONY BRIGHT, Harvey Mudd College
 BARRY C. BUCKLAND (NAE), Merck Research Laboratories
 G. WAYNE CLOUGH (NAE), Georgia Institute of Technology
 MICHAEL CORRADINI (NAE), University of Wisconsin, Madison
 JENNIFER SINCLAIR CURTIS, Purdue University
 RODNEY CUSTER, Illinois State University
 JAMES W. DALLY (NAE), University of Maryland, College Park
 RUTH A. DAVID (NAE), ANSER Corporation
 ANN Q. GATES, University of Texas, EI Paso
 RANDY HINRICHS, Microsoft Corporation
 ROSALYN HOBSON, Virginia Commonwealth University
 BARRY e. JOHNSON (NAE), Villanova University
 LARRY V. McINTIRE (NAE), Rice University

اعضای سابق دفتر

BRUCE ALBERTS (NAS), President, National Academy of Sciences
HARVEY FINEBERG (10M), President, Institute of Medicine
GEORGE M.C. FISHER (NAE), Chairman, National Academy of Engineering
SHEILA E. WIDNALL (NAE), Vice President, National Academy of Engineering
WM. A. WULF (NAE), President, National Academy of Engineering

گروه تجدید نظر

JOHN A. ALIC, Consultant
DAVID P. BILLINGTON, Princeton University
JAMES J. DUDERSTADT, University of Michigan
SHERRA E. KERNS, Olin College
BINDU N. LAHANI, Asian Development Bank
EDWARD D. LAZOWSKA, University of Washington
IOANNIS N. MIAOULIS, Boston Museum of Science
CHERRY A. MURRAY, Lucent Technologies
ROBERT M. NEREM, Georgia Institute of Technology
SHERI SHEPPARD, Stanford University

بازبین گزارش تجدید نظر

C. DAN MOTE, JR., University of Maryland, College Park

پیشگفتار

هدف پروژه مهندسی ۲۰۲۰ آن است که آینده را پیش‌بینی کند و از این طریق نقش مهندسين در آینده را معین نماید. اگر چه این موضوع به خودی خود جالب توجه می‌باشد اما قصد بر آن است که از پروژه مهندسی ۲۰۲۰ در یک پژوهش دیگر برای تعیین وضعیت آینده آموزش مهندسی در آمریکا استفاده نمود. به این ترتیب منتظر نمی‌مانیم که زمان بگذرد و سپس در برابر آن چه که پیش می‌آید عکس‌العمل نشان دهیم. البته این پروژه منحصر به فرد نیست و گروه‌های دیگری نیز مشابه آن را انجام داده‌اند. به عنوان مثال فرهنگستان ملی مهندسی (NAE) در همین زمینه، پروژه‌ای را انجام داده است که تمام شاخه‌های مهندسی را در بر می‌گیرد و آن‌ها را از چشم‌انداز وسیع‌تری بررسی می‌کند. تمرکز اصلی گروه پژوهشی ۲۰۲۰، بر آینده آموزش مهندسی در مقطع لیسانس در آمریکا است. با این حال، احساس می‌شود که برای درک کامل چشم‌انداز مهندسی و آموزش مهندسی باید یک سری از موضوعات و مفاهیم جهانی را نیز مورد بررسی قرار داد.

بر اساس آن چه که توسط هیأت فرهنگستان ملی مهندسی (NAE) در مورد آموزش مهندسی طراحی شد این پروژه شامل دو بخش است. بخش اول (متن حاضر) در رابطه با ارائه چشم‌انداز حرفه مهندسی در سال ۲۰۲۰ می‌باشد و بخش دوم که هنوز در حال تکمیل است آموزش مهندسی و این که برای آماده سازی مهندسين در آینده چه کارهایی باید انجام شود را بررسی خواهد نمود. از بخش اول، یعنی گزارش حاضر به عنوان چهارچوبی برای بخش دوم پژوهش استفاده می‌گردد.

گروه پژوهش این پروژه در دسامبر ۲۰۰۱ توسط ریاست NAE که این پژوهش را هدایت می‌کند شکل گرفت. این گروه پس از چند ملاقات، طرح یک کارگاه سه روزه در مورد آینده مهندسی را برنامه‌ریزی نمود که بالاخره در Woods Hole ماساچوست و در پاییز ۲۰۰۲ برگزار شد. ۳۵ نفر به نمایندگی از طیف وسیعی از رشته‌های مختلف و گروه‌های سنی و دیدگاه‌های مختلف (پیوست ب) در این کارگاه شرکت کردند.

در همان ابتدا موافقت شد که پیش‌بینی کامل آینده امکان‌پذیر نیست و بنابراین از روش برنامه‌ریزی استراتژیک بر مبنای یک سناریو استفاده گردید تا از این طریق به شرکت‌کنندگان کمک شود که بتوانند به طور گسترده درباره رویدادهایی که می‌توانند آینده را شکل دهند تفکر نمایند. در این زمینه Peter Schwartz، نویسنده مشهور و مشاور برنامه‌ریزی استراتژیک، نظم دهنده و تسهیل کننده کار بود.

در طول برگزاری کارگاه، چهار سناریو در نظر گرفته شد. این سناریوها از جمله سناریوهایی هستند که تصور می‌شود مسیر آینده را به طور چشم‌گیری روشن می‌سازند. تمام این سناریوها این موضوع را می‌پذیرند که پیشرفت در فناوری‌هایی چون نانو تکنولوژی، بیو تکنولوژی، مواد، محاسبات و لجستیک (بدون توجه به شرایط دیگر) عامل ایجاد تغییر در آینده می‌باشند. البته ممکن است که تا سال ۲۰۲۰ هر کدام از این سناریوها یا ترکیبی از آنها اتفاق بیفتد یا حتی هیچ‌یک از آنها رخ ندهد. هدف، در درجه اول آن است که از این طریق، درک ما از شرایط آینده گسترش یابد و به این ترتیب به تفکر پیرامون آینده مهندسی کمک شود.

این سناریوها تغییرات دگرگون‌کننده‌ای را بررسی می‌کنند که ممکن است از پیشرفت‌های چشم‌گیر در بیوتکنولوژی، یک فاجعه بزرگ طبیعی یا حتی از تقسیم جهان در اثر رشد بنیادگرایی مذهبی سرچشمه گیرند.

پس از برگزاری این کارگاه، اعضای گروه، نوشتن گزارش را آغاز نمودند. جلسه نهایی در دسامبر ۲۰۰۲ برگزار شد و گزارش تهیه شده بررسی گردید. پیش‌نویس گزارش نهایی که حاصل سخنرانی‌ها و بحث‌های کارگاه سه روزه و سناریوها و توافقات گروه درباره فناوری‌های جدیدی که احتمالاً آینده مهندسی را تحت تأثیر قرار می‌دهند ارائه شد.

در آخرین ملاقات گروه پژوهش، یک گروه کوچک‌تر تشکیل شد که وظیفه ویرایش گزارش برای انتشار آن را بر عهده گرفت. این گزارش، آرمان‌هایی را برای مهندس ۲۰۲۰ در نظر می‌گیرد و با بیانیه‌ای در مورد ویژگی‌های مناسب برای یک مهندس در سال ۲۰۲۰ که باعث می‌شود او به آن آرمان‌ها دست یابد به پایان می‌رسد. در فصل آخر، همراه با خوشبینی جسورانه‌ای، موضوعاتی در مورد حرفه مهندسی بیان می‌گردد تا یک مهندس بتواند جهت مقابله با احتمالات آینده آماده گردد.

در نهایت این پرسش پدید می‌آید که دانشجوی مهندسی باید چه چیزهایی را در دانشگاه بیاموزد تا برای آینده آماده شود و این آموخته‌ها با آموخته‌های امروزی چقدر تفاوت دارد؟ این موضوع طی دوره‌ای در سال آینده و با برگزاری کارگاه جدیدی، توسط گروه پژوهش، بررسی خواهد شد.

فهرست

۱۰	خلاصه اجرایی
۱۴	۱) زمینه تکنولوژیکی حرفه مهندسی
۲۸	۲) زمینه‌های اجتماعی، جهانی و حرفه‌ای مهندسی
۴۰	۳) آرزوهایی برای مهندس ۲۰۲۰
۴۴	۴) خصوصیات مهندسان در سال ۲۰۲۰
۴۷	گفتار آخر
۴۸	پیوست الف: سناریوها
۵۲	پیوست ب: اسامی شرکت‌کنندگان در کارگاه آموزشی
۵۶	پیوست ج: خلاصه زندگی‌نامه اعضای گروه پژوهش مهندس ۲۰۲۰

خلاصه اجرایی

در گذشته، آموزش مهندسی و حرفه مهندسی پیرو تکنولوژی و جامعه بوده است. رشته‌های علمی و دوره‌های تحصیلی برای مواجه شدن با چالش‌های جامعه و تأمین نیروی کار مورد نیاز جهت پیشرفت‌های جدید در اقتصاد، اضافه و ایجاد می‌شوند. امروزه موضوع، قدری متفاوت است. جامعه به طور پیوسته تغییر می‌کند و مهندس باید با آن انطباق یابد. اما باید پرسید که آیا آموزش مهندسی و حرفه مهندسی در شرایطی که تغییرات تکنولوژی سریع است می‌تواند عقب افتادگی تکنولوژیکی و عقب افتادگی جامعه را باعث شوند؟ آیا آموزش مهندسی و حرفه مهندسی باید پیشرفت‌های مورد نیاز را پیش‌بینی کنند و برای آینده‌ای آماده باشند که منفعت بیشتری برای بشر فراهم نمایند؟

تکنولوژی، چهارچوب اجتماعی را تغییر داده و موجب رشد سلامتی و رشد اقتصادی شده است. فرصت‌های قابل ملاحظه‌ای از طریق پیشرفت‌های جدید در نانو تکنولوژی، لجستیک، بیوتکنولوژی و محاسبات با کارایی بالا به سرعت در حال پدیدار شدن هستند. همچنین با فشرده شدن ارتباطات جهانی، چالش‌ها و فرصت‌های جدیدی پدید می‌آیند که نتیجه‌ای از بهبود سریع قابلیت‌های تکنولوژیکی در کشورهای جهان (مانند هند و چین) می‌باشند و البته می‌تواند تروریسم در جهان را نیز موجب گردد.

این گزارش تلاش می‌کند تا به این پرسش پاسخ دهد که در سال ۲۰۲۰ مهندسی باید چگونه باشد؟ همچنین پرسش‌های دیگری نیز مطرح است. آیا مهندس باید پیرو رشد گذشته و امروز خود باشد یا اساساً باید تغییر کند؟ چگونه می‌توان مهندسی را به بهترین صورت آموزش داد تا بتواند منافع حاصل از تکنولوژی‌های جدید را متعادل سازند؟ و ...

همان‌طور که گفته شد چون پیش‌بینی دقیق آینده مشکل است از روش برنامه‌ریزی بر اساس سناریوهای معین استفاده می‌شود. ارزش این تکنیک برای موارد خاص و عام به اثبات رسیده است. سناریوهای ویژه بررسی شده در این پروژه عبارتند از:

۱- انقلاب علمی بعدی

۲- انقلاب بیوتکنولوژی در یک زمینه اجتماعی

۳- قطع چرخه تکنولوژی توسط طبیعت

۴- کشمکش جهانی یا جهانی شدن

موضوع هر کدام از این سناریوها در پیوست الف ارائه شده است. هر کدام از این سناریوها موضوعاتی پیرامون نقشی که مهندسی در آینده بازی خواهد کرد را ارائه می‌دهند.

سناریوی انقلاب علمی بعدی، آینده خوش‌بینانه‌ای را پیشنهاد می‌دهد که در آن، تغییر، اساساً توسط پیشرفت در تکنولوژی، اتفاق می‌افتد. این سناریو فرض می‌کند که آینده از مسیر قابل پیش‌بینی پیروی می‌نماید؛ به این صورت که تکنولوژی‌های که امروز در افق فکری هستند، به مرحله‌ای توسعه می‌یابند که در کاربردهای تجاری قابل استفاده هستند و نقش آن‌ها برای انتفاع جامعه بهینه‌سازی شده است. به مانند گذشته، مهندسين از علم جدید برای ایجاد تکنولوژی‌ها بهره‌برداری خواهند نمود تا مورد انتفاع بشریت قرار گیرند و از طرف دیگر تکنولوژی‌های جدیدی را خلق می‌کنند که برای درک کامل علوم جدید مورد تقاضا هستند. با ظهور پیشرفت‌های جدیدی که تجاری و اجرا می‌شوند اهمیت تکنولوژی در جامعه، پیوسته افزایش می‌یابد.

انقلاب بیوتکنولوژی، سناریویی است که درباره حیطه خاصی از علم و مهندسی سخن می‌گوید و توانایی بالقوه بسیاری دارد. با این حال، مفاهیم سیاسی و اجتماعی می‌توانند در کاربرد آن مداخله نمایند. در آینده‌ای که بر مبنای سناریوی انقلاب بیوتکنولوژی ترسیم می‌گردد موضوعاتی اهمیت پیدا می‌کنند که تغییر تکنولوژیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و فراتر از هدف مهندسی هستند. اگرچه نقش مهندس در این آینده، هنوز هم به طور اساسی اهمیت دارد اما اثرگذاری گرایش‌های اجتماعی و سیاسی به ما یادآوری می‌کنند که کاربرد نهایی یک تکنولوژی و سرعت پذیرفته شدن آن همیشه موضوع ساده‌ای نیست.

دنیای طبیعی، سناریویی است که وقایعی فراتر از کنترل انسان (مانند بلاهای طبیعی) را در نظر می‌گیرد. در حالی که نقش مهندسان آینده و تکنولوژی‌های جدید جهت سرعت بخشیدن به ترمیم خسارت‌های حاصل از حوادث طبیعی دارای اهمیت خواهد بود اما پیش‌بینی خطر و تدارک امکاناتی که تأثیر این حوادث را به حداقل برسانند می‌تواند یاری‌گر باشد. به عنوان مثال این احتمال وجود دارد که توان محاسباتی آن قدر بهبود یابد که پیش‌بینی‌های دقیق و بلندمدت آب و هوا برای نواحی جغرافیایی نسبتاً کوچک امکان‌پذیر گردد. به این ترتیب می‌توان طرح‌های تدافعی برای شرایط محلی ایجاد نمود.

سناریوی چهارم، تأثیر تغییرات جهانی را بررسی می‌کند. این تغییرات می‌توانند آینده را از طریق کشمکش جهانی یا از طریق جهانی شدن تحت تأثیر قرار دهند. مهندسی، به خصوص به چنین موضوعاتی حساس است چرا که از یک زبان بین‌المللی ریاضی، علم و تکنولوژی سخن می‌گوید. محیط امروز جهان که با موضوعاتی مانند تروریسم و منابع شغلی خارجی (Job outsourcing) درگیر است نشان می‌دهد که چرا بررسی این سناریو در برنامه‌ریزی آینده می‌تواند مفید باشد.

این گزارش، با فصل ۱ آغاز می‌گردد که در آن، تغییرات و چالش‌های تکنولوژیکی احتمالی در آینده که دنیا و حرفه مهندسی را تحت تأثیر قرار خواهند داد بررسی می‌شوند. در این فصل، موضوعاتی مانند پزشکی، وسایل جدید انرژی، مواد با مشخصاتی که در

حال حاضر وجود ندارند، منابع قابل ملاحظه نور و نسل بعدی رایانه‌ها و پیشرفت ارتباطات دور بُرد بررسی شده‌اند. از میان چالش‌ها نیز، زوال زیرساخت‌ها، موضوعات محیطی و تأمین مسکن، آب و بهداشت برای جمعیت به سرعت در حال رشد مطرح شده‌اند.

فصل ۲ زمینه‌های اجتماعی، ژئوپولیتیک (جغرافیای سیاسی) و حرفه‌ای که برای مهندسی و تکنولوژی‌های جدید آن وجود خواهند داشت را مشخص می‌نماید. موضوع رشد سریع جمعیت نیز بررسی خواهد شد. در حالی که کشورهای کمتر توسعه یافته، جمعیت جوان بسیار زیادی دارند جمعیت در کشورهای پیشرفته، در حال پیر شدن می‌باشد. همچنین کیفیت زندگی در بعضی از کشورها مقایسه می‌گردد. امریکا در گروه کشورهای قرار دارد که ترکیب جمعیتی آن‌ها تغییر خواهد کرد. در امریکا تعداد اقلیت‌ها به سرعت افزایش می‌یابد و سهم اکثریت کسانی که پدران و اجدادشان در امریکا می‌زیسته‌اند کاهش خواهد یافت. این شرایط برای آینده مهندسی بسیار معنا دار است. فشارهایی که از طرف جامعه، اقتصاد و محیط حرفه‌ای وارد می‌شود نیز الزاماتی را برای تغییر به همراه دارند. با این حال، اگرچه چالش‌ها فراوان خواهند بود اما چنانچه حرفه مهندسی برای آینده آماده شود و ابتکار عمل را به دست گیرد فرصت‌هایی نیز وجود خواهند داشت.

فصل ۳ بر اساس زمینه ذکر شده در فصل ۲ آرمان‌های مورد نظر برای حرفه مهندسی در سال ۲۰۲۰ را مطرح می‌کند. هدف این فصل بیان موضوعات اساسی است که به واسطه آن‌ها حرفه مهندسی در آینده یک نیروی مثبت تلقی گردد. این آرمان‌ها در اصل به ما یادآوری می‌کنند که مهندسين را باید به صورت شهروندانی جهانی آموزش دهیم تا بتوانند رهبران تجاری باشند و خدمات عمومی ارائه کنند و در عین حال، افرادی اخلاق مدار باشند.

فصل ۴ از آرمان‌ها فراتر می‌رود و ویژگی‌های مورد نیاز برای فارغ‌التحصیلان سال ۲۰۲۰ را مطرح می‌نماید. مهارت‌های قوی تحلیلی، خلاقیت، قوه ابتکار، حرفه‌ای‌گری و رهبری از جمله این ویژگی‌ها هستند. در این فصل چنین ذکر می‌شود که اگر حرفه مهندسی تمایل دارد تا در تعریف آینده خود، ابتکار عمل را به دست گیرد باید:

۱- نگرشی محرک به آینده خود داشته باشد.

۲- برای دستیابی به این نگرش، آموزش مهندسی را تغییر دهد.

۳- تصویر روشنی از نقش جدید مهندسين (مانند رهبران تکنولوژی) در ذهن عموم و دانشجویان مهندسی ایجاد نماید.

۴- پیشرفت‌های نوآورانه را بر اساس زمینه‌های نانو مهندسی تطبیق دهد.

۵- توانایی رشته‌های مختلف مهندسی را به سمت اهداف مشترک متمرکز کند.

اگر آمریکا بخواهد رهبری اقتصادی و سهم خود در شغل‌های با تکنولوژی بالا را حفظ کند باید برای موج جدیدی از تغییر آماده باشد. اگرچه در این مورد، توافق عمومی وجود ندارد اما در این مورد که نوآوری، کلید حل مشکلات است و مهندسی همراه با نوآوری امری ضروری می‌باشد توافق وجود دارد. اگر حرفه مهندسی بتواند با گرایش‌های جدید تطبیق پیدا کند و نسل‌های بعدی از دانشجویان را طوری تربیت نماید که آن‌ها را با ابزارهای مورد نیاز برای دنیای آینده، تجهیز کند موفقیت لازم را به دست آورده است.

زمینه تکنولوژیکی حرفه مهندسی

۱-۱-۱ مقدمه

مهندسی تا حد زیادی یک فرآیند خلاق می‌باشد. زیباترین توصیف آن است که مهندسی، در مورد طراحی، تحت تسلط محدودیت‌ها است. آن چه که مهندس، طراحی می‌کند زمانی موفق است که با محدودیت‌های فنی، اقتصادی، تجاری، سیاسی، اجتماعی و موضوعات اخلاقی کنار بیاید و کار کند (به طور مستقیم یا غیر مستقیم در کیفیت زندگی ما بهبود ایجاد کند). تکنولوژی، نتیجه مهندسی است. علم به ندرت مستقیماً به تکنولوژی تبدیل می‌شود و همچنین این موضوع درست نیست که مهندس تنها علم را به کار می‌برد. از نظر تاریخی، پیشرفت‌های تکنولوژیکی مانند هواپیما، موتور بخار و موتور احتراق داخلی، زمانی پیش از آن که علم برای توضیح عملکرد آن‌ها توسعه یابد اتفاق افتاده‌اند. البته توضیحات علمی که پس از وقوع این تکنولوژی‌ها ارائه شده‌اند به پالایش تکنولوژی‌های مذکور و ارزشمند نمودن آن‌ها کمک کرده‌اند.

نوآوری‌های تکنولوژیکی، زمانی پدیدار می‌شوند که یک نیاز یا فرصت ظهور پیدا کند. این نوآوری‌ها به عنوان نتیجه‌ای از ابتکارهای شخصی یا اقدامات دولتی اتفاق می‌افتند. نوآوری‌هایی که در این پژوهش، مهم‌ترین نوآوری‌ها محسوب می‌گردند مواردی هستند که در یک حرکت حیرت‌انگیز رخ می‌دهند. به خصوص، نوآوری در تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات برای آینده حرفه مهندسی و آموزش مهندسی دارای اهمیت است. به طور کلی، یافته‌های غیرمنتظره علمی می‌توانند به ارائه تکنولوژی‌های جدید منجر شوند و بنابراین هر بحثی در مورد آینده مهندسی باید با بررسی پیرامون پیشرفت‌های غیرمنتظره علمی که ممکن است رخ دهد همراه باشد. علم معمولی، جزئیاتی را شرح می‌دهد که تا حد زیادی شناخته شده هستند. اما هر زمان که مسائل دنیای معاصر بسیار غیرعملی و ناموفق شوند لازم است نقشه راه بازسازی گردد.

یکی از پرسش‌هایی که نوع دید ما به جهان به آن پاسخ می‌دهد آن است که وقایع چگونه به هم ارتباط دارند و در کنار هم قرار می‌گیرند؟ یک مدل آشنا برای بیان این ارتباط، ساختمانی است که از اجزای گوناگون ساخته شده است و این اجزاء با یک الگوی ثابت مونتاژ شده‌اند. مدل آشنای دیگر، سیالی مانند رودخانه است که شکل آن متأثر از شرایط محلی به سرعت تغییر می‌کند. مدل دیگری

نیز ظهور یافته است که مدل شبکه نام دارد. شبکه‌ها خواص منحصر به فردی دارند. به عنوان مثال دارای قابلیت خود سازمان دهی هستند و گاهی اوقات اثرات تکثیرکننده عظیمی، ناشی از اتصال آن‌ها به یک دیگر پدید می‌آید. البته شبکه‌ها معایبی نیز دارند که گاهی مشکلاتی پدید می‌آورند (مانند خاموشی که در آگوست ۲۰۰۳ در شمال شرقی آمریکا اتفاق افتاد). همچنین رابطه جدیدی بین دنیای ماکروسکوپی که در آن زندگی می‌کنیم و دنیای میکروسکوپی در سطح مولکولی، اتمی و حتی کوچک‌تر از اتمی مشاهده می‌گردد. در حالی که می‌توان وقایع را در دنیای قابل مشاهده ما با قوانین تقریباً ساده ریاضی توصیف کرد این قوانین در مقیاس‌های بسیار کوچک، ناکارآمد هستند. اکنون ابزارها و ریاضیات جدید ما را قادر می‌سازند که در کوچک‌ترین مقیاس‌های قابل تصور نیز، سطح مشابهی از دقت، اطمینان و یگانگی (مشابه دنیای قابل مشاهده ما) داشته باشیم. به عنوان مثال اخیراً کشف کرده‌ایم که چگونه اطلاعات را در اسپین (spin) یک الکترون درون یک اتم به رمز درآوریم به عبارت دیگر اطلاعات را به صورت ریز اتمی (در مقیاس کوچک‌تر از اتم) ذخیره کنیم (Awshalom, 2002).

حساسیت بدیع بیولوژیکی در مرتب سازی دقیق جفت‌های DNA و مبحث ریاضیات آشفتگی (chaos) ما را به این سمت هدایت می‌کنند که حتی اعمال کوچک نیز در شکل‌دهی و تنظیم وقایع اهمیت دارند. بنابراین آن چه را که ما انجام می‌دهیم حقیقتاً برای تاریخ مهم است. در حقیقت، آینده نتیجه تصمیم‌هایی است که امروز اتخاذ می‌گردد. اگرچه انسان‌ها در بسیاری از جهات با هم شباهت دارند اما هر کدام از آن‌ها منحصر به فرد می‌باشند. در دیدگاه دنیای قدیم برای ساختن ماشین به یک سازنده نیاز است اما در دیدگاه دنیای جدید، خود هم‌تا سازی (self-replication) یا خود تکراری، مدل جدید تغییر محسوب می‌گردد. در بیولوژی، خواه توسط مکانیزم‌های ساده‌ای چون تقسیمات سلولی یا خواه روش‌های جنینی بسیار پیچیده، خود هم‌تا سازی یک قاعده است. اکنون محققین در نانو تکنولوژی و به طور بالقوه در سیستم‌های رایانه‌ای بسیار هوشمند در حال شروع به تفکر پیرامون خود هم‌تا سازی در سیستم‌های غیر زیستی (nonorganic) هستند.

جهان فعلی بسیار متفاوت از جهانی است که نیوتن شرح داد. می‌توان گفت که جهان حال حاضر حتی متفاوت با جهانی است که ما ۵۰ سال پیش می‌شناختیم. به زودی دنیای ما ممکن است از دنیای انیشتن و بور نیز جدا شود. در چنین محیط متغیر و گیج‌کننده‌ای روشن نیست که کدام یک از گرایش‌های فنی، انقلابی قابل پیش‌بینی ایجاد خواهد کرد که نگرش ما به مهندسی را تغییر خواهد داد. این موضوع که حرفه مهندسی و آموزش مهندسی آن قدر انعطاف‌پذیر باشد که چنین تغییراتی را پیش‌بینی نماید و اگر این پیش‌بینی‌ها دچار نقص شد به سرعت واکنش نشان دهد خود یک چالش محسوب می‌گردد.

تغییر در دنیا، امری دائمی است اما دنیای ما نسبت به ۱۰۰ سال گذشته تغییرات بسیاری داشته است. در انتهای قرن بیستم دنیای توسعه یافته به یک دنیای سلامت‌تر، ایمن‌تر و بسیار پربارتر تبدیل شده است. این دنیا، دنیایی می‌باشد که در آن، حرفه مهندسی از طریق تکنولوژی، نقش غیرقابل بازگشتی را بر زندگی و هویت ما حک نموده است. در این دنیای جدید جنبه‌های مثبت بسیاری وجود دارد (مانند زندگی طولانی‌تر و توأم با سلامتی، شرایط زندگی و کاری بهتر، ارتباطات جهانی، سادگی حمل و نقل و دستیابی به هنر و فرهنگ). ایجاد این جنبه‌های مثبت برای توده مردم در دنیای در حال توسعه، یکی از چالش‌های بزرگ اخلاقی برای جامعه به طور عام و مهندسين به طور خاص است.

مشکل آن است که ما نمی‌توانیم آینده را به طور کامل پیش بینی کنیم بنابراین تصور ما از آینده در سناریوهای پیوسته الف منعکس می‌شود. با این وجود، بهترین کاری که می‌توانیم برای رسیدن به واقعیت انجام دهیم بررسی پیشرفت‌های اخیر مانند پیشرفت‌های بیوتکنولوژی، نانوتکنولوژی، تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات، علم مواد و فتونیک است تا الگوی ممکن از تغییراتی که مهندسی در سال ۲۰۲۰ با آن‌ها دست و پنجه نرم خواهد کرد به دست آوریم.

۲-۱- تکنولوژی‌های با پیشرفت غیرمنتظره

الف) بیوتکنولوژی

پیشرفت‌های غیرمنتظره در درک ما از فیزیولوژی از جمله جالب‌ترین موضوعات مورد بحث، طی چند دهه گذشته بوده است. این موضوع که عامل بالقوه‌ای برای حمله به بیماری‌ها و اختلالات در سلول و DNA موجود می‌باشد باعث شده است بعضی‌ها اعتقاد پیدا کنند که ممکن است بسیاری از محدودیت‌های بدن انسان (مثلاً پیری یا تغییرات هورمونی) قابل جبران باشد و از این طریق بتوان بیماری‌ها را ریشه کن نمود.

پیشرفت در بیوتکنولوژی قبلاً به طور چشم‌گیری کیفیت زندگی ما را بهبود بخشیده است ولی پیشرفت‌های بسیار چشم‌گیر دیگری نیز امکان‌پذیر است. پژوهش در مهندسی بافت و پزشکی احیا کننده ممکن است ما را به تکنولوژی جدیدی هدایت کند که توسط آن بدن ما بدون نیاز به جراحی و از طریق فرآیندهای رشد طبیعی در سلول‌ها، بخش‌های آسیب‌دیده یا مریض را جایگزین کند. این کار در گذشته برای جایگزینی پوست قربانیان سوختگی به کار رفته است و امکان دارد که به قربانیان آسیب‌دیدگی نخاعی نیز جهت بازیابی کامل تحرک خود و احساس نمودن از طریق بافت‌ها و عصب‌هایی که دوباره متصل شده‌اند یاری رساند.

ترکیب بیوتکنولوژی با پیشرفت‌های جدید در نانوتکنولوژی و سیستم‌های میکرو الکترونیکی مکانیکی (MEMS)، کاربرد نانو ربات‌ها را برای تعمیر پارگی بافت یا تمیز کردن رگ‌های بسته، نوید می‌دهد. می‌توان نانوبوت‌ها (Nonobots) را به کار برد تا داروها را صرفاً به بخش مورد نظر از بدن اعمال کرد و از این طریق سرطان‌ها را نابود نمود یا ساختارهای سلولی را تغییر داد تا به صورت ژنتیکی با بیماری‌های ارثی مبارزه کرد. بیوانفورماتیک احتمالاً قابلیت محاسباتی را بهبود خواهد بخشید تا برای سفارشی سازی داروها برای هر فرد، پایگاه اطلاعاتی (دیتابیس) ژنوم انسان بکار رود. به این ترتیب ممکن است دارویی برای یک نفر کشنده باشد اما جهت درمان بیماری فرد دیگری بسیار مناسب باشد.

این ارتباط دانش پزشکی و مهندسی به ایجاد دوره‌های تحصیلی و پژوهشی جدیدی در مهندسی بیوپزشکی منجر شده است و خلق یا پالایش محصولاتی چون دستگاه تنظیم کننده ضربان قلب، اعضای مصنوعی، تجهیزات پروتزی، جراحی لیزر چشم، آرایه‌ای از سیستم‌های تصویری پیچیده و تکنیک‌های جراحی غیر تهاجمی به یاری فیبر نوری را در پی داشته است. وسایل جاسازی شده در بدن (embedded devices) که به ارتباط با بدن کمک می‌کنند یا وسایلی که عملکرد اعضای بدن را مورد پایش قرار می‌دهند از جمله مثال‌های پیشرفته مربوط به آینده می‌باشند که کاربردهایی فراتر از آن چه که هست را در پی خواهند داشت. پژوهشگران در گذشته پیرامون طراحی سیستم‌هایی برای حفاظت در برابر ویروس پژوهش کرده‌اند که سیستم دفاعی انسان را تقلید می‌کنند. طراحی ارگونومیک و مواردی که در محصولات مهندسی، سلامتی فیزیکی و ذهنی را تحت تأثیر قرار می‌دهند نیز از موضوعات دیگر موجود در برابر مهندسی است.

از گذشته تا کنون، مهندسی وجود داشته‌اند که کار خود را در زمینه‌های نوظهوری چون مهندسی بافت، مهندسی تحویل دارو، محاسبه بیو و دیگر محدوده‌های بیوتکنولوژیکی آغاز نموده‌اند. اما با انتقال هرچه بیشتر محصولات این دانش جدید از آزمایشگاه‌ها به بازار، مهندسی بیشتری با این دانش ارتباط برقرار می‌نمایند و پیرامون آن کار خواهند کرد. طراحی محصولات بیوتکنولوژی به چندین رشته از دانش، مانند توسعه مواد، کاربردهای محاسباتی، فرایندهای بیولوژیکی خودکار و ... نیاز دارد و در حقیقت یک مهندسی بین رشته‌ای محسوب می‌گردد. البته نگرانی‌هایی در مورد سلاح‌های شیمیایی و بیولوژیکی نیز وجود دارد که از جمله مشکلات امروز مهندسی می‌باشند.

به این ترتیب می‌توان گفت که در آینده، مهندسی عمران باید درباره ویژگی‌های حمل و نقل واسطه‌ها یا عامل‌های بیولوژیکی و شیمیایی اطلاعات داشته باشند. مهندسی مکانیک، پمپ‌ها و فیلترهایی را به وجود می‌آورند که قادر هستند با انواع وسیعی از

واسطه‌های بیولوژیکی و شیمیایی در هوا و آب روبرو شوند. مهندسين برق، آشکارسازها و حسگرهایی می‌سازند که می‌توانند وجود این واسطه‌های بیولوژیکی و شیمیایی را بررسی و اعلام کنند.

ب) نانوتکنولوژی

نانو مهندسی برای تولید ساختارها و موادی در مقیاس مولکولی به عنوان موضوعی برای نسل بعدی مهندسين نیز مطرح خواهد بود. البته نانو علم و نانو مهندسی در زمینه‌های دیگری مانند بیو مهندسی (مانند مهندسی ژنتیک و مولکولی) و الکترونیک (مانند ساختارهای الکتريکی و نوری در مقیاس کوانتم) نیز نفوذ کرده است. نانو ساختارها برای واسطه‌های تمیز کننده محیط و واسطه‌های آشکارسازی شیمیایی (chemical detection agents) خلق اعضای بیولوژیکی یا مصنوعی برای بدن، توسعه NEMها (سیستم‌های نانو الکتريکی مکانیکی) و توسعه مدارات نوری و مدارات الکتريکی فوق سریع و فوق چگال، پیشنهاد شده‌اند.

در امریکا، دولت، مرکز نانوتکنولوژی ملی آمریکا را به وجود آورده و در سال مالی ۲۰۰۴ تقریباً ۱ میلیارد دلار برای پژوهش‌های مربوط به آن در نظر گرفته است (جدول زیر).

چالش‌های مرکز نانوتکنولوژی ملی امریکا

چهارچوب زمانی	چالش استراتژیک
نانو- اکنون	رنگ دانه‌ها در رنگ‌ها ابزارهای براده برداری و پوشش‌های مقاوم به سایش داروسازی و داروها ذرات نانو مقیاس و لایه‌های نازک در وسایل الکترونیکی جواهرسازی، پولیش کردن و فیبرهای نیمه هادی
نانو- ۲۰۰۷	بیوسنسورها، ترانسدیوسرها و آشکارسازها سیالات طراحی کارکردی (functional designer fluids) پیشران‌ها، نازل‌ها و شیرها افزودنی‌های بازدارنده از آتش تحویل دارو، جداسازی بیومغناطیسی و بهبود زخم
نانو- ۲۰۱۲	نانو اپتیکال، نانو الکترونیک و منابع نانو قدرت نمایش‌گرهای فوق انعطاف‌پذیر (High- end flexible displays) مواد نانو- بیو به عنوان اعضای مصنوعی وسایل بر مبنای NEMها سنسورهای فوق حساس و با سوئیچ سریع‌تر

منبع جدول: شورای پژوهش ملی (۲۰۰۲)

ج) علم مواد و فتونیک

حتی در حوزه‌های سنتی مهندسی نیز، آگاهی از مواد جدید تا حد زیادی نیاز بوده است. از جمله مواد جدید، موادی هستند که بتوان آن‌ها را در کامپوزیت‌ها، مکانیک در مقیاس اتمی و نانو ساختارهای مولکولی به کار برد. مواد و ساختارهای هوشمند که قادر به حس کردن و پاسخگویی هستند نیز در آینده به طور وسیعی به کار خواهند رفت (به عنوان مثال برای درک جابه‌جایی‌های حاصل از زلزله‌ها و انفجارها). اگر اقتصاد نفتی فعلی با اقتصاد هیدروژنی جایگزین شود موتورهای احتراق داخلی و باتری‌ها (منابع قدرت) نیز با سلول‌های سوختی جایگزین می‌شوند در نتیجه نیاز است که از دانش موتورهای سلول سوختی، شیمی سلول سوختی و مواد سلول‌های سوختی آگاهی یافت. به علاوه اگر مواد هوشمند در محصولات پیشرفته به کار روند خواص مواد بر مبنای برهم‌کنش‌های مکانیکی، نوری و الکترومغناطیسی، به موضوع مرکزی در فعالیت‌های مهندسی بدل خواهد شد.

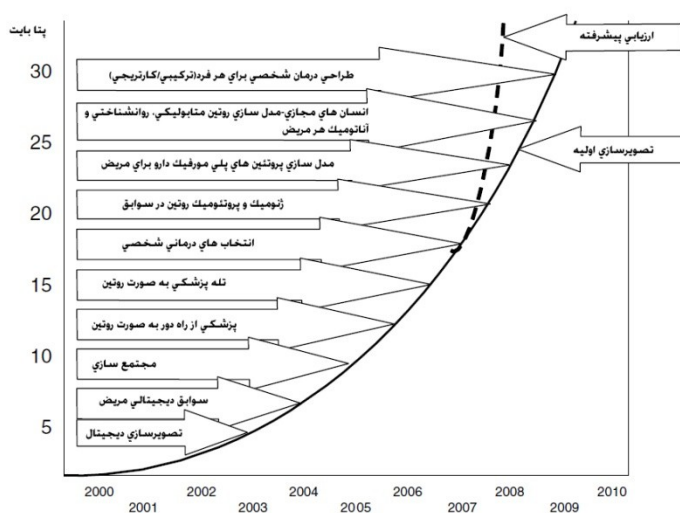
با کاهش اندازه فیزیکی منابع نور و افزایش قدرت و قابلیت اطمینان آن‌ها، تکنولوژی‌های بر مبنای فتونیک در محصولات و سیستم‌های مهندسی بیشتر اهمیت پیدا خواهند کرد. ارتباطات فیبر نوری، کاربردهای دقیق ساخت و تولید (به عنوان مثال براده برداری دقیق، حس کردن (Sensing) و تصویرگری (visioning)) و کاربردهایی که اتصالات نوری را به کار می‌برند، هدایت لیزری و حس کردن و پایش نوری پیشرفت خواهند نمود.

د) تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات

برای آگاهی از قابلیت این تکنولوژی، کافی است تغییرات قابل ملاحظه‌ای که طی چند دهه گذشته در جامعه آمریکا اتفاق افتاده است بررسی گردد. امروزه جوان‌ها زندگی بدون کامپیوتر، ویدئو کنفرانس، موبایل، دستگاه کپی و اینترنت را نمی‌توانند تصور کنند. در آینده کامپیوترها آن قدر کوچک می‌شوند که در جیب شلوار جای می‌گیرند و در عین حال اطلاعاتی را در خود ذخیره می‌نمایند که یک کتابخانه مدرن را پر می‌کنند. سرعت و قدرت محاسبه، آن قدر بالا می‌رود که می‌توان وظایف بسیار خلاقانه‌تری را انجام داد. دنیا به شبکه‌ای تبدیل می‌شود که می‌توان حجم عظیم اطلاعات را با سرعت بالا انتقال داد و این وضعیت به مشارکت هم‌زمان بین مراکز طراحی مهندسی در هر جایی کمک خواهد کرد. در حالی که مهندسی به دنبال خلق محصولات هستند پژوهش‌های قوی پیرامون فیزیولوژی (علم وظایف اعضای بدن) ارگونومیک و برهم‌کنش‌های بشر با کامپیوترها توسعه خواهد یافت که شامل شناخت، پردازش اطلاعات و پاسخ‌های فیزیولوژیکی به محرک‌های الکتریکی، مکانیکی و نوری می‌باشند.

با در نظر گرفتن نقش کامپیوترها در آینده، ضروری است که مهندسين تمام رشته‌ها از اصول سیستم‌های دیجیتال، دانش عمیقی داشته باشند و سیستم‌های کامپیوتری و ابزارهای کامپیوتری معاصر را به سادگی به کار برند. البته نمی‌توان گفت که همه سیستم‌ها در آینده، دیجیتالی خواهند بود اما بسیاری از سیستم‌های مهندسی در آینده، سیستم‌های دیجیتال می‌باشند. پیشرفت در محاسبه و شبیه‌سازی، همراه با تکنولوژی‌هایی تحلیلی خاص، ممکن است فعالیت‌هایی رایج مهندسی را به طور بنیادی باز تعریف نمایند. شبیه‌سازی و مدل‌سازی پیرامون خلق ساختارهای جدید مهندسی نیز پیشرفت خواهد نمود. طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر (مانند کاری که برای بوئینگ ۷۷۷ انجام شد و در مهندسی عمران نیز رایج است) برای طراحی اکثر محصولات به یک قاعده بدل خواهد شد و خلق ساختارهای پیچیده شتاب می‌گیرد.

نکته: انفجار اطلاعات: آنچه که تمام این تکنولوژی‌ها را احاطه کرده است رشد بسیار سریع داده‌ها و دانش است. چند سال قبل برای یک فرد امکان‌پذیر بود که درباره اغلب علوم، ریاضی، پزشکی، موسیقی و هنر روز آگاهی داشته باشد اما امروزه و در دوره تخصص‌گرایی، حیطة تخصص فردی در مقابل کل دانش فردی رو به تقلیل است. به عنوان مثال در زمینه بهداشت با شروع از اوایل دهه ۱۹۹۰ شرایط مدیریت داده در فعالیت‌های مهندسی از قانون Moore پیش افتاد (شکل زیر).



توضیح شکل: شرایط مدیریت داده‌های علوم زندگی - تصویر سازی پیشرفته: با این فرض خوش‌بینانه که افزایش جمعیت تا سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۲ حدود 5×10^7 باشد برای ذخیره اطلاعات پزشکی هر فرد به 82×10^9 بایت فضا نیاز خواهد بود. این مقدار به آن فرض است که قابلیت‌های پیشرفته تصویر سازی ۳ و ۴ بعدی ($3D/4D$) ۸۰ درصد امکانات ذخیره سازی اطلاعات پزشکی باشد. به فرض آن که توسعه کلینیکی و بیوپزشکی تا سال ۲۰۱۰ حداقل ۳۰ درصد کل ذخیره انبار جهانی منظور گردد از روی محافظه کاری این مقدار در حدود ۱۰۰ پتابایت در نظر گرفته می‌شود (منبع شکل: موسسه بین‌المللی ماشین‌های تجاری-۲۰۰۴)

این داده‌ها ناشی از انقلاب بیوتکنولوژی است (و البته در آینده هم ادامه خواهد داشت). سرعت‌های دستیابی به حافظه و کار با دیتابیس‌ها، چالش در حال پیشرفتی را برای استخراج موثر و کارآمد این داده‌ها نشان می‌دهد. مهندسی در گذشته، به انفجار دانش از طریق توسعه مداوم و ایجاد حوزه‌های جدید در رشته‌های گوناگون مهندسی واکنش نشان داده است. با افزایش این حوزه‌های جدید، عمق دانش فردی نیز افزایش می‌یابد اما از وسعت آن‌ها به طور چشم‌گیری کم می‌شود. این موضوع، در آینده که مباحث میان رشته‌ای، موضوع مهمی برای حل مسائل پیچیده می‌باشند می‌تواند یک چالش برای مهندسين محسوب گردد.

ه) لجستیک (تدارکات)

ترکیب ارتباطات بی‌سیم، کامپیوترهای همراه (handheld computers) و نرم افزار دیتابیس و ردیابی موجودی، لجستیک را پیشرفته ساخته است. شرکت‌های حمل و نقل، اولین شرکت‌هایی بودند که لجستیک را به عنوان ابزاری جهت کمک به سازمان‌دهی فعالیت‌ها و بهبود بهره‌وری پذیرفته‌اند. شرکت‌های ساخت و تولیدی و خرده‌فروشی چون فورد، بوئینگ، اینتل و وال مارت نیز به شدت وابسته به لجستیک هستند. به خصوص در دهه گذشته، صنعت ساخت و تولید به علت استفاده از منابع بیرونی (منابع بیرون از کشور یا outsourcing) و مفهوم درست سر وقت (just in time)، لجستیک را به یک مورد کاملاً متعادل تبدیل کرد که اجازه داد شرکت‌ها در سراسر قاره‌ها برای توسعه محصولات و تحویل آن‌ها در زمان درست و در تمام جهان کار کنند.

لجستیک در تعداد رو به رشدی از دوره‌های تحصیلات مهندسی، آموزش داده می‌شود و به طور پیوسته در حال تبدیل به یک زمینه پیچیده است و همچنین باعث شده است که مشاغل جدیدی برای مهندسی در صنایع و شرکت‌ها ایجاد گردد. چالش حمل و نقل کالاها و خدمات بسیار کارآمد، احتمالاً تا سال ۲۰۲۰ و بعد از آن نیز مهندسی را درگیر خواهد نمود.

۳-۱- چالش‌های تکنولوژیکی

مهندس ۲۰۲۰ نیاز دارد که از تمام قلمروی تکنولوژی‌های جدید آگاه باشد و آن‌ها را بپذیرد. اما بعضی از مسائل قدیمی از بین

نمی‌روند بلکه توجه جدید و شاید تکنولوژی‌های جدید را اقتضا می‌کنند. گاهی اوقات با نادیده گرفتن این مسائل، آن‌ها را از یک

مسئله به یک بحران تبدیل می‌کنیم.

الف- زیرساخت‌های فیزیکی در محیط شهری

رویکرد گذشته در توسعه شهری بدون توجه به اثرات زیست محیطی و توسعه پایدار بوده است. در نتیجه، امروزه بسیاری از شهرهای بزرگ، قربانی آلودگی، ترافیک و ... شده‌اند. به طور کلی آمریکا بهترین زیر ساخت فیزیکی در دنیای توسعه یافته را دارا می‌باشد اما این زیرساخت‌ها به طور جدی رو به نقصان است. در سال ۲۰۰۳ انجمن مهندسين عمران آمریکا (ASCF) گزارش ۲۰۰۱ در مورد زیرساخت‌های آمریکا را به روز رسانی کرد. این گزارش به طور کلی درجه D+ را به زیرساخت‌های فیزیکی اختصاص داده است و برآورد نموده است که ۱/۶ تریلیون دلار نیاز می‌باشد تا این زیرساخت‌ها طی دوره ۵ ساله و با شروع از سال ۲۰۰۴ بازیابی گردند (جدول زیر را مشاهده کنید). فلش‌ها در جدول زیر نشان می‌دهد که چگونه وضعیت زیرساخت‌ها از گزارش ۲۰۰۱ به بعد تغییر کرده است. فلش‌های افقی به معنی بدون تغییر و فلش‌های رو به پایین به معنی تنزل می‌باشد.

کهنه شدن زیر ساخت آمریکا ۲۰۰۳

حوزه	درجه (گريد)	روند (از ۲۰۰۱)
جاده‌ها	D+	↓
پل‌ها	C	↔
حمل و نقل	C-	↓
هواپیمایی	D	↔
مدارس	D-	↔
آب آشامیدنی	D	↓
فاضلاب	D	↓
سد	D	↓
پسماند جامد	C+	↔
پسماند زیان آور	D+	↔
راه‌های آبی قابل کشتی‌رانی	D+	↓
انرژی	D+	↓
GPA زیرساخت آمریکا	D+	
سرمایه گذاری کلی	۱/۶ تریلیون دلار (طی دوره ۵ ساله)	

ب- زیر ساخت اطلاعاتی و ارتباطاتی

به علت نو بودن، این زیرساختها تقریباً دچار نقصان زیادی نیستند ولی آسیب‌پذیری ناشی از وقایع تصادفی یا عمدی (مانند ویروس‌های کامپیوتری، overload یا بارگذاری بیش از حد سیستم، فاجعه‌های طبیعی) نگرانی جدی به همراه دارد و می‌تواند تأثیر عمیقی بر اقتصاد ملی، امنیت ملی، سبک زندگی و امنیت شخصی داشته باشد. هر دو بخش عمومی و خصوصی باید استراتژی‌هایی را فراهم نمایند و وظایفی را انجام دهند تا به طور پیوسته زیرساختها به روز و با پیشرفت‌های تکنولوژیکی همگام شوند و ظرفیت پاسخ به رشد سریع در سرویس‌های مربوط به تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات افزایش یابد. همچنین باید سیستم‌هایی با دورنمای جهانی، طراحی شوند و توسعه یابند که برای افزایش امنیت و قابلیت اطمینان به کار روند و خلوت افراد را مدنظر قرار دهند (Crishna و همکاران ۲۰۰۰).

اگرچه موارد مذکور ملاحظات بسیاری (تجاری، اقتصادی، اجتماعی و ...) را شامل می‌شوند اما نوآوری مهندسی نیز فاکتور مهمی در این مسیر محسوب می‌گردد.

ج- محیط زیست

منابع طبیعی و نگرانی‌های زیست محیطی، چالش‌های دنیای ما را برای قرن ۲۱ چهارچوب بندی می‌کنند. مثلاً در سال ۲۰۲۰ به علت رشد جمعیت، ایالت کالیفرنیا به ۴۰ درصد برق بیشتر، ۴۰ درصد بنزین بیشتر و ۲۰ درصد گاز طبیعی بیشتر نسبت به سال ۲۰۰۰ نیاز خواهد داشت.

مشکل منابع آب نیز مشکلی جهانی است. ۵۸ کشور (دارای به طور کلی ۲/۸ میلیارد نفر جمعیت) تا سال ۲۰۲۵ می‌توانند با کمبود آب شیرین روبرو شوند (Hinrichsen و همکاران ۱۹۹۷). در گزارش سازمان ملل متحد (۲۰۰۳) مسأله آب، یک مسأله اصلی به شمار آمده است. در این گزارش چنین ذکر می‌گردد که در طی ۲۰ سال آینده هر ملتی در جهان با برخی مشکلات مربوط به منابع آب روبرو خواهد شد.

اگر بخواهیم محیط زیست خود را برای تولیدات آینده حفظ کنیم (فصل ۲ را ببینید) باید فعالیت‌های اکولوژیکی پایدار را توسعه دهیم. این کار هم در کشورهای صنعتی و هم در کشورهای در حال توسعه باید صورت گیرد. مهندس ۲۰۲۰ باید درک کند که چگونه به روشی اخلاقی، راه‌حل‌ها را با محدودیت‌های کشورهای در حال توسعه انطباق دهد. فعالیت‌های مهندسی باید با تکنولوژی

پایدار در آمیخته گردد و مهندسين بايد طوري آموزش داده شوند که موضوعات توسعه پایدار را در تمام جنبه‌های طراحی و ساخت مدنظر قرار دهند. مهندسی سبز عبارت است از طراحی، تجاری کردن و کاربرد فرآیندها و محصولات به طوری که امکان‌پذیر و اقتصادی باشند و در عین حال تولید آلودگی در منابع و خطر آفرینی برای سلامت انسان و محیط زیست را به حداقل برسانند (بنیاد ملی علوم، ۲۰۰۳). جدول زیر، ۹ اصل راهنما در مورد مهندسی سبز را نشان می‌دهد.

اصول راهنما در مهندسی سبز

- ۱- به طور کلی، فرآیندها و محصولات مهندسی، تحلیل سیستم‌ها و ابزارهای ارزیابی تأثیرگذاری بر محیط زیست را به کار برند.
- ۲- حفظ و بهبود اکوسیستم‌های طبیعی و سلامتی انسان
- ۳- به کار گیری تفکر دوره عمر در تمام فعالیت‌های مهندسی
- ۴- اطمینان از این که تمام مواد و انرژی ورودی و خروجی به طور ذاتی تا حد ممکن ایمن و بی خطر هستند.
- ۵- به حداقل رسانی تهی سازی منابع طبیعی
- ۶- کوشش برای جلوگیری از اتلاف
- ۷- توسعه و اعمال راه‌حل‌های مهندسی با آگاهی از جغرافیای محلی و انتظارات محلی و فرهنگ محلی
- ۸- خلق راه‌حل‌های مهندسی فراتر از تکنولوژی‌های فعلی و مرسوم، بهبود و نوآوری و اختراع تکنولوژی‌ها برای دستیابی به توسعه پایدار
- ۹- حضور فعال انجمن‌ها و سرمایه‌گذاران در توسعه راه‌حل‌های مهندسی

منبع: بنیاد ملی علوم (۲۰۰۳)

د- تکنولوژی برای جمعیت سالخورده

مهندسی می‌تواند چالش‌های سال‌خوردگی جمعیت را نیز آدرس دهی کند. از جمله حوزه‌های مطالعاتی پدیدار شده، تکنولوژی مساعدت (assistive) است که بر موضوع کمک به افراد دارای محدودیت‌های فیزیکی یا محدودیت‌های دیگر با هر سنی متمرکز

است (www.katsent.org). در یک جامعه سالخورده، فرصت‌های مربوط به تکنولوژی مساعدت رشد می‌کنند. مرکز تکنولوژی خدمات سال‌خوردگی در سال ۲۰۰۳ حوزه‌های متعددی را معین کرد که با سرمایه‌گذاری در آن‌ها خدمات به بیماران سالخورده در آینده به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود خواهد یافت. این تکنولوژی‌ها شامل مانیتورها، سنسورها، ربات‌ها و خانه‌های هوشمند می‌باشد.

۴-۱- الزامات آموزشی مهندسی

الف- انفجار تکنولوژی

از اواخر قرن نوزدهم یعنی هنگامی که رشته‌های فرعی و مهم مهندسی ظهور یافتند مهندسين آگاه بوده‌اند که راه‌حل بسیاری از مشکلات اجتماعی در مرز بین این رشته‌های فرعی قرار می‌گیرند. اگرچه تلاش‌هایی صورت گرفته است که مهندسين و دانشمندان با زمینه‌های متفاوت برای حل مسائل بین رشته‌ای کنار هم جمع شوند اما در مراکز آموزشی، دانشجویان هنوز در یک دانشکده خاص آموزش داده می‌شوند. از طرفی چون رشته‌های مهندسی نیز توسعه یافته‌اند آموزش وسیع به دانشجویان هم به یک چالش بزرگ تبدیل شده است و انفجار اطلاعات نیز مزید بر علت می‌باشد. بنابراین بررسی این مشکل ممکن است به بازنگری در ساختار اصلی دانشکده‌های مهندسی و زیرساخت‌های ارزیابی عملکرد استادان منجر گردد.

ب- سرعت تغییر

دانش علمی و مهندسی هر ۱۰ سال دو برابر می‌شود (Wright, 1999). این رشد مهندسی، حاصل از شتاب معرفی و پذیرش انواع تکنولوژی‌ها است. چرخه‌های تولید رو به کاهش هستند و هر چرخه، انواع مناسب‌تر و اغلب ارزان‌تری از محصولات موجود ارائه می‌دهد که گاهی با تکنولوژی‌های جدید نیز همراه می‌باشند و با سرعتی افزایشی تکنولوژی‌های قدیمی را منسوخ می‌سازند. این موضوع که فردی همه آن‌چه را که لازم است بداند در یک دوره تحصیلی ۴ ساله مهندسی خواهد دانست درست نیست. با ورود تکنولوژی‌های جدید به مهندسی، حتی مهارت‌های اساسی نیز دیگر ثابت نمی‌باشند. مهندسين به سمتی می‌روند که باید مسئولیت آموزش پیوسته خود را بپذیرند و دانشگاه‌های مهندسی هم باید به آن‌ها آموزش دهند که چگونه این کار را انجام دهند. دانشگاه‌های مهندسی همچنین باید ساختارهای سازمانی را بررسی کنند که برنامه‌های آن‌ها به طور پیوسته انعطاف‌پذیر باشند تا نیازهای نیروی کار مهندسی که با سرعت فزاینده‌ای تغییر می‌کند را برآورده سازند.

۱-۵- نتیجه گیری

مهندس سال ۲۰۲۰ با چالش‌های بی‌شماری برای خلق راه‌حل‌های تهاجمی و دفاعی در مقیاس‌های میکرو و ماکرو جهت آمادگی در برابر تغییرات چشم‌گیر جهان روبرو است. انتظار می‌رود که مهندسين برای مشکلات بالقوه (مانند تروریسم بیولوژیکی، آلودگی آب و غذا، خسارت وارده بر زیرساخت‌ها (جاده‌ها، پل‌ها، ساختمان‌ها، شبکه برق) و قطع ارتباطات در اینترنت، تلفن، رادیو و تلویزیون) آماده باشند و آن‌ها را پیش‌بینی کنند. مهندسين باید راه‌حلهایی برای به حداقل رساندن خطر خرابی‌ها و آسیب‌های کامل (صد در صد) ارائه نمایند و در ضمن راه‌حل‌های پشتیبانی آماده کنند که بازیابی، ساخت مجدد و گسترش سریع را ممکن سازند. به طور خلاصه مهندسين از نظر کیفیت با مشکلاتی مشابه مشکلاتی که در حال حاضر با آن مواجه هستند روبرو می‌شوند.

انتظار می‌رود که مهندسين برای حل مشکلات جدید، مجموعه‌ای از ابزارها و تکنولوژی‌های انقلابی ممکن و جدید را ایجاد نمایند. برآوردن این انتظار، نیازمند دانش و مهارت‌های مرکزی است که آموزش کارآمد مهندسی و چشم‌انداز حرفه‌ای گری مهندسی در قرن جدید را باعث خواهد شد. چالش حرفه و آموزش مهندسی آن است که اطمینان حاصل شود پیشرفت‌های دانش مرکزی در تکنولوژی اطلاعات، علم نانو، بیوتکنولوژی، علم مواد، فتونیک (semrdon، ۲۰۰۲) و دیگر زمینه‌هایی که هنوز کشف نشده‌اند به دانشجویان مهندسی ارائه گردد تا آن‌ها این علوم را برای دستیابی به راه‌حل‌های میان رشته‌ای مسائل مهندسی در فعالیتهای مهندسی خود به کار برند. تغییر سریع ماهیت دانش و تکنولوژی جدید، نیاز دارد که مهندسين، آموزش پیوسته را به عنوان یک خطمشی در زندگی خود پیاده کنند.

۱-۶- مراجع

- American Society of Civil Engineers. 2003. Report Card on America's Aging Infrastructure. Washington, D.C.: ASCE.
- Awschalom, D.D., M.E. Flatté, and N. Samarth. 2002. Microelectronic devices that function by using the spin of the electron are a nascent multibillion-dollar industry—and may lead to quantum microchips. Available online at: <http://www.ScientificAmerica.com>.
- Ball, P. 2001. Biology Goes Back to the Drawing Board. Nature, February 12.
- Barlow, M., and T. Clarke. 2002. Who Owns Water? The Nation, September 2. Available online at: <http://www.thenation.com/doc.mhtml?i=20020902&s=barlow>.
- Board on Chemical Sciences and Technology. 2003. Materials Science and Technology: Challenges for the Chemical Sciences in the 21st Century. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Brand, S. 1972. Spacewar: Fanatic Life and Symbolic Death among the Computer Bums. Rolling Stone Magazine, December 7. Available online at: http://www.wheels.org/spacewar/stone/rolling_stone.html.
- California Business, Transportation, and Housing Agency. 2001. Invest for California: Strategic Planning for California's Future Prosperity and Quality of Life. Report of the California Business,

- Transportation, and Housing Agency Commission on Building for the 21st Century, Sacramento, Calif. Available online at: <http://www.bth.ca.gov/invest4ca/>.
- Center for Aging Services Technologies. 2003. Progress and Possibilities: State of Technology and Aging Services. Publication of the American Association of Homes and Services for the Aging, Washington, D.C. Available online at <http://www.agingtech.org>.
- Crishna, V., N. Baqai, B.R. Pandey, and F. Rahman. 2000. Telecommunications Infrastructure: A Long Way to Go. Publication of the South Asia Networks Organisation, Dhaka, Bangladesh. Available online at: <http://www.sasianet.org>.
- Computer Science Telecommunications Board. 2003. The Internet under Crisis Conditions: Learning from September 11. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Feldman, S. 2001. Presentation at Impact of Information Technology on the Future of the Research University Workshop, panel on Technology Futures, National Research Council, Washington, D.C., January 22-23.
- Forest and Agriculture Organization of the United Nations. 1995. Forest Resources Assessment 1990: Tropical Forest Plantation Resources. FAO Forestry Paper 128. Rome, Italy.
- Gates, W. 1996. The Road Ahead. Highbridge, N.J.: Penguin Group.
- Goldberg, A., ed. 1988. A History of Personal Workstations. New York: Addison-Wesley Publishing.
- Hinrichsen, D., and B. Robey. 2000. Population and the Environment: The Global Challenge. Baltimore, Md.: Population Information Program, Johns Hopkins School of Public Health.
- Hinrichsen, D., B. Robey, and U.D. Upadhyay. 1997. Solutions for a Water-Short World. Baltimore, Md.: Population Information Program, Johns Hopkins School of Public Health.
- Kuhn, T. 1970 (1962). The Structure of Scientific Revolutions, 2nd Edition. Chicago: University of Chicago Press.
- Mittelstrass, J. 2001. How to Maintain the Technical Momentum and Ability in the Knowledge Economy. Keynote presentation at Linking Knowledge and Society: A European Council of Applied Sciences and Engineering Conference, Royal Academy Palace, Brussels, Belgium, October 16.
- National Research Council. 2001. Workshop on Bio-inspired Computing. Committee on the Frontiers between the Interface of Computing and Biology. Irvine, Calif. January 31.
- National Research Council. 2002. Small Wonders, Endless Frontiers: A Review of the National Nanotechnology Initiative. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- National Research Council. 2003. Hierarchical Structure in Biology as a Guide for New Materials Technology. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- National Science Foundation. 2003. Conference report on Green Engineering: Defining Principles, San Destin, Fl. May 18-22, available online at: <http://enviro.utoledo.edu/Green/SanDestin%20summary.pdf>.
- Smerdon, E. 2002. Presentation at the Engineer of 2020 Visioning and Scenario-Development Workshop, Woods Hole, Mass. September 3-4.
- Suhir, E. 2000. The Future of Microelectronics and Photonics and the Role of Mechanical, Materials, and Reliability Engineering. Keynote presentation at MicroMaterials Conference 2000, Berlin. April 17-19. Speech outline available online at: http://www.ieee.org/organizations/tab/newtech/workshops/ntdc_2001_18.pdf.
- United Nations. 2003. Water for People, Water for Life—UN World Water Development Report. New York: UNESCO.
- Wright, B.T. 1999. Knowledge Management. Presentation at meeting of Industry-University-Government Roundtable on Enhancing Engineering Education, Iowa State University, Ames. May 24.

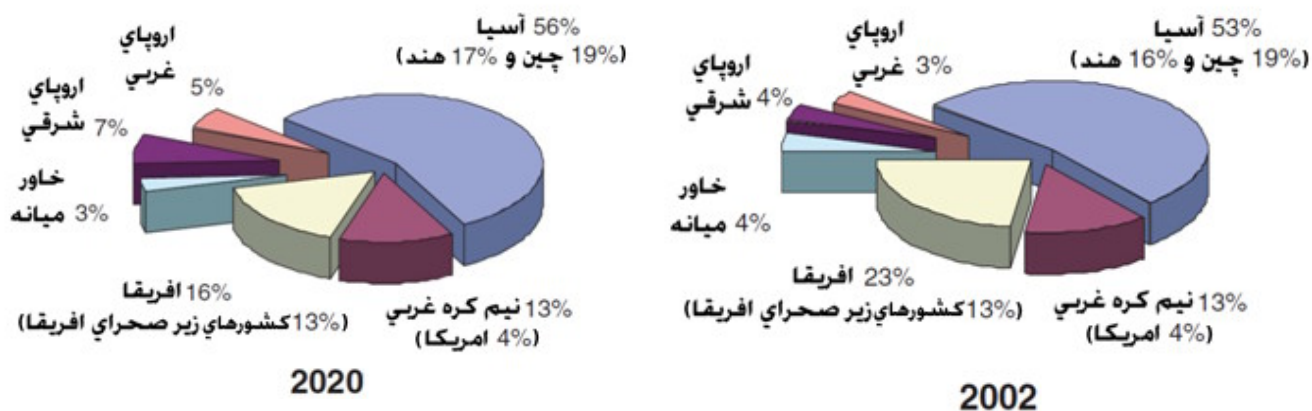
زمینه‌های اجتماعی، جهانی و حرفه‌ای مهندسی

۲-۱- زمینه اجتماعی

اگرچه آینده نامعین می‌باشد اما یک چیز روشن است و آن این که در سال ۲۰۲۰ مهندسی، جدای از جامعه نخواهد بود (همان‌طور که در حال حاضر نیست). روابط سیاسی و اقتصادی بین ملتها و مردم آنها در آینده بر فعالیت‌های مهندسی اثر خواهد گذاشت (احتمالاً بیش از آنچه اکنون تأثیر دارد). توجه به ویژگی‌های فکری، مدیریت پروژه، تفاوت‌های زبانی و فرهنگی، واکنش‌های دینی و اخلاقی، اثرات جهانی و بین‌المللی، امنیت ملی و محدودیت‌های اقتصادی همچنان محرک فعالیت‌های مهندسی خواهند بود.

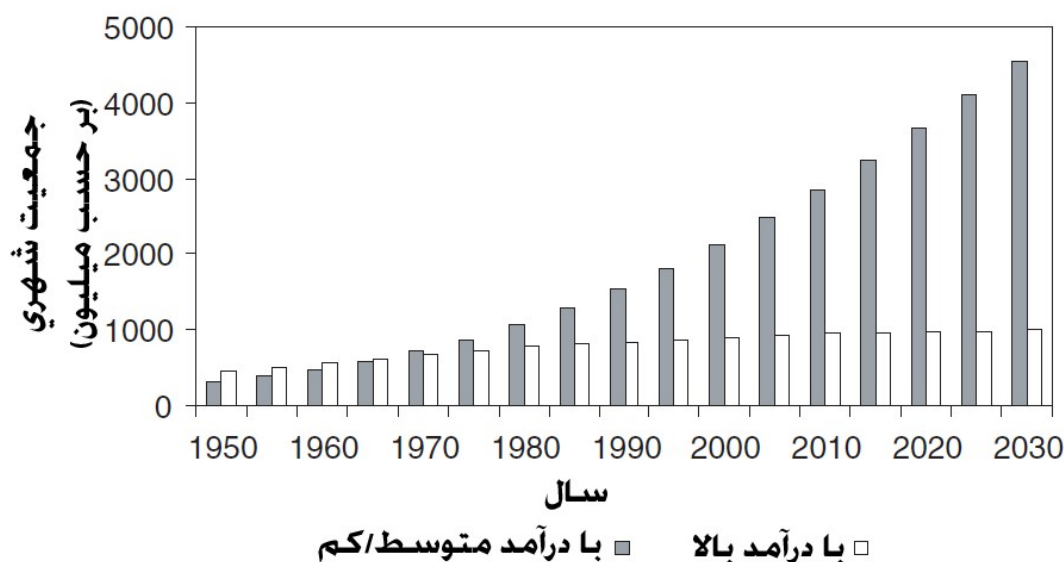
الف- جمعیت و سرشماری نفوس

تا سال ۲۰۲۰ جمعیت جهان به ۸ میلیارد نفر نزدیک می‌شود و بیشتر این رشد در میان جوامعی است که در حال حاضر از جمله ملل توسعه یافته نیستند. بیشتر این ۱/۵ میلیارد افزایش جمعیت در سال ۲۰۲۰ مربوط به کشورهای آسیایی و آفریقایی است (شکل زیر را مشاهده کنید). رشد جمعیت و مسائل مرتبط با آن چالش‌های متعددی را برای جامعه پدید می‌آورد و البته فرصت‌هایی را برای به‌کارگیری متفکرانه راه‌حل‌های ایجاد شده توسط مهندسين ارائه می‌دهد.



توزیع جمعیت جهان در سال ۲۰۰۲ و سال ۲۰۲۰ (منبع: آژانس مرکزی اطلاعات-۲۰۰۱)

شکل زیر رشد جمعیت شهری را نشان می‌دهد.



رشد جمعیت شهری (منبع: سازمان ملل متحد-۲۰۰۲)

آن چه که در امریکا قابل توجه است افزایش تعداد آمریکایی‌های اسپانیولی می‌باشد به طوری که از جمعیت آمریکایی‌های آفریقایی پیش افتاده است. جمعیت اسپانیولی‌ها از ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، ۵۸ درصد رشد داشته است. با ادامه این روند تا سال ۲۰۵۰ تقریباً نصف جمعیت آمریکا غیر سفیدپوست خواهند بود. بنابراین تا سال ۲۰۲۰ و بعد از آن، حرفه مهندسی باید راه‌حلهایی را توسعه دهد که برای این جمعیت متنوع رو به رشد قابل قبول باشد.

ب- بهداشت و مراقبت‌های بهداشتی

با رشد جمعیت، ترکیب جمعیتی جهان نیز تغییر خواهد کرد. با ایجاد دانش جدید در مورد بهداشت و مراقبت‌های بهداشتی، تغییراتی در زندگی واقع می‌شود که باعث می‌گردد تعداد افرادی که در سنین بازنشستگی، زندگی خوبی دارند افزایش یابند. یک جامعه سالخورده با چند مشکل روبرو می‌گردد. اولین مشکل، ایجاد تنش اقتصادی است. برای توضیح بیشتر باید گفت که در چنین جامعه‌ای، بهداشت و مراقبت‌های بهداشتی و کیفیت زندگی، حوزه‌های مهمی محسوب می‌شوند. از طرفی با افزایش امید به زندگی، کارگران جوان کمتری وجود خواهند داشت که با پرداخت هزینه‌های خدماتی، به شهروندان پیرتر کمک کنند و به این ترتیب در سیستم‌های اقتصادی، تنش به وجود می‌آید. حرفه مهندسی در سال ۲۰۲۰ باید در چنین محیطی کار کند.

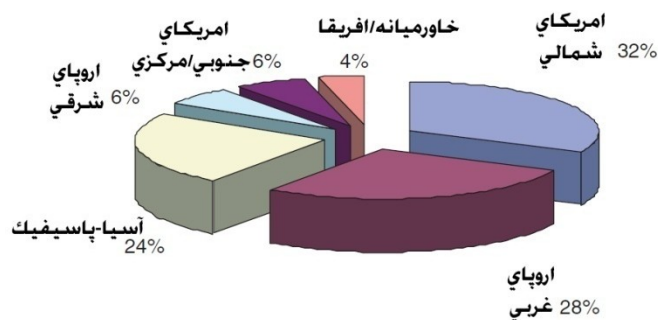
ج- افزایش تعداد جوان‌ها و مفاهیم امنیتی

در مقابل جوامعی که در حال پیر شدن می‌باشند در بسیاری از بخش‌های جهان که ثبات سیاسی ندارند ملت‌هایی موجود هستند که تعداد افراد جوان در آن‌ها بیش از حد است. در سال ۲۰۲۰ بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان کمتر از ۱۸ سال خواهند داشت. این وضعیت در کشورهای افریقایی، افغانستان، پاکستان، مکزیک و کشورهای خاورمیانه (کشورهای در حال توسعه) مورد انتظار می‌باشد. ایران، ایرلند شمالی، غزه و سریلانکا کشورهایی هستند که در گذشته نه چندان دور این وضعیت تورم جمعیت جوان را تجربه کرده‌اند. چنین وضعیتی باعث می‌شود بی‌کاری در جمعیت جوان پدید آید. در نتیجه، ممکن است جهان با ناآرامی و خطر تروریسم و بنیادگرایی روبرو شود. بنابراین نیاز به خدمات نظامی و موارد امنیتی افزایش خواهد یافت. مهاجرت از کشورهای دارای تورم نیروی جوان به کشورهای به سرعت در حال پیر شدن می‌تواند این مسأله را حل کند اما در آمریکا چنین مهاجرتی به علت افزایش خطر تروریسم محدود شده است و بنابراین منبع مهندسين خارجی به شدت محدود می‌گردد. در نتیجه نیاز به دانشگاه‌های مهندسی جهت تربیت دانشجویان بومی افزایش خواهد یافت.

د- شتاب اقتصاد جهانی

اقتصاد جهان با تغییر تکنولوژی ارتباط تنگاتنگی دارد. مثلاً اینترنت باعث شده است سرویس‌ها و اطلاعات در یک طرف جهان فراهم شود و در طرف دیگر جهان به متقاضی تحویل گردد. چنین توسعه‌ای باعث شده است قابلیت‌های آموزشی در کشورهای مثل چین و هند به سرعت بهبود یابد و کارگران بسیار ماهری همراه با پیش زمینه مهندسی و علمی در این کشورها و دیگر کشورها پدید آیند که با دستمزدهایی زیر دست‌مزدهای ملل توسعه یافته، متمایل و قادر به کار باشند. برآورد می‌شود که امروزه در چین بیش از دو برابر آمریکا مهندس مکانیک و سه برابر آمریکا مهندس در تمام زمینه‌ها فارغ‌التحصیل می‌شوند (Ehler سال ۲۰۰۳). به این ترتیب در این اقتصاد جهانی جدید، خدمات گرانی چون طراحی الکترونیک، تحقیق کاربردی، حساب داری، طراحی هوا فضا، مشاوره فنی و ارزیابی اشعه X به نحوی اقتصادی‌تر در بیرون از دنیای توسعه یافته قابل انجام است. نتایج این خدمات نیز به صورت الکترونیکی به کشورهای توسعه یافته قابل ارسال می‌باشد. به عنوان مثال می‌توان نیمه هادی‌های جدیدی را به سادگی در چین و هند طراحی نمود و سپس تراشه‌ها (چیپ‌ها) را در هر جایی از دنیا تولید کرد.

بسیاری از طراحی‌های پیشرفته مهندسی با استفاده از گروه‌های جهانی مجازی (یعنی گروه‌های مهندسی یکپارچه‌ای متشکل از پژوهشگران قرار گرفته در سراسر جهان) انجام می‌شود. این گروه‌ها اغلب از چند منطقه زمانی، چند فرهنگ و گاهی حتی از چند زبان تشکیل شده‌اند. به طور مشابه می‌توان بنگاه‌های اقتصادی داشت که در آن‌ها تجارت، بر مبنای اینترنت رشد کند. با توسعه بیشتر اینترنت در مناطق تحت توسعه جهان، این نوع فعالیت‌ها به فعالیت‌هایی همه‌جا حاضر تبدیل می‌گردند (شکل زیر را ببینید).



نمودار کاربرد اینترنت در سال ۲۰۰۵ (منبع: آژانس مرکزی اطلاعات-۲۰۰۱)

۲-۲-۲-زمینه حرفه‌ای برای مهندسين در آینده

۲-۲-۱-مهندسی سیستم‌ها

رشد یکنواخت دانش در گذشته، به ظهور رشته‌های فرعی در مهندسی منجر شده است (مانند میکرو الکترونیک، فتونیک، بیو مکانیک). با این حال، چالش‌های معاصر تا حد زیادی به مهندسی سیستم‌ها نیازمند می‌باشند. مهندسی سیستم‌ها بر این اصل قرار دارد که برای یکپارچه سازی اجزاء و تکنولوژی‌ها روش‌های ساختارمندی قابل کاربرد است. سیستم‌ها موضوعی است که برای به دست آوردن همکاری و هماهنگی بین اجزای گوناگون یک موضوع بزرگ‌تر، بررسی می‌گردد. بسیاری اعتقاد دارند که لازمه این کار، راه‌های جدیدی برای انجام امور مهندسی است که برخی از آن‌ها شامل این موارد می‌باشد:

الف- کار کردن گروهی

به علت پیچیدگی زیاد و مقیاس بزرگ مسائل مهندسی بر مبنای سیستم‌ها، باید کار به صورت گروهی و با گروه‌هایی شامل متخصصینی از رشته‌های مختلف انجام گردد. از ویژگی‌های ضروری این گروه‌ها توانایی ارتباط به کمک تکنولوژی، آگاهی از پیچیدگی‌های بازار جهانی و زمینه اجتماعی، انعطاف‌پذیری، قدرت پذیرش تغییر و احترام متقابل می‌باشد. تنها در سال‌های اخیر است که خط مشی‌هایی برای کارآمد بودن گروه‌های مهندسی بین رشته‌ای در میان مراکز آموزش مهندسی مورد بحث قرار گرفته

است (Fruchter, ۲۰۰۲, smith ۲۰۰۳). با فراگیرتر شدن موضوع مهندسی سیستم‌ها، بحث در مورد این خطمشی‌ها نیز افزایش خواهد یافت.

ب- پیچیدگی

مهندسیین باید بدانند که چطور و چه زمانی، المان‌های اجتماعی را درون یک تحلیل جامع از سیستم‌ها وارد کنند. این تغییر دیدگاه برای مهندسی به صورت مدلی از پیچیدگی قابل شرح است (جدول زیر). مدل پیچیدگی نشان داده شده به طبقه‌بندی چگونگی و چرایی رویکرد مهندسیین به مشکلات کمک می‌کند و انواع چالش‌هایی که مهندسی آدرس‌دهی خواهد نمود را شرح می‌دهد. این مدل با بررسی روش‌های قدیمی و جدید، چهار رویکرد متفاوت برای حل چالش‌های قدیمی و جدید، تعریف می‌کند و رویکردهای حل مسأله در آن، از نظر میزان حساسیت به هزینه و قابل اطمینان بودن نیز مشخص شده‌اند.

میزان حساسیت به هزینه



	روش‌های جدید/مسائل قدیمی	روش‌های جدید/مسائل جدید
روش‌های جدید	<ul style="list-style-type: none"> - طراحی برای بازیافت - به روز رسانی/طراحی مجدد - به کارگیری مجموعه گوناگونی از ابزارها و تجارب - استفاده مجدد از برنامه‌های کاربردی بیشتر - مجموعه‌ای از رگرسیون‌های مورد نیاز - تحلیل هزینه-منفعت - توجیه نمودن/مواجهه دادخواهی - دفاع ملی (تروریسم و غیره) - استانداردهای موجود از کاربردهای مورد نظر پشتیبانی نمی‌کنند. - مواجهه حداکثری به نحوی که راه حل، الزاماً انتظارات ادراکی/واقعی را برآورده سازد. تحمل کم برای شکست - انجام کار به واسطه "الزام به بهتر نمودن کار" 	<ul style="list-style-type: none"> - شبیه سازی/مدل سازی سیستم‌های پیچیده - شایستگی محیط کار دیجیتالی - همکاری-جایی که مقدار/مقیاس اطلاعات مورد نیاز بسیار زیاد باشد. - الزام به بررسی/کاوش پیش از فن که البته به فن نیز باید به سبکی نو نگاه کرد. - کاربردهای اساساً خلاق تکنولوژی‌های نو، ادبیات جدید یا عدم وجود استانداردهای ثابت/رسمی - داشتن چشم تیزبین در تفکیک و حفاظت از سرمایه‌های فکری (حق ثبت اختراع و اسرار تجاری) - تکنولوژی‌های پیش نیاز وجود ندارد (اندازه گیری و غیره) - انجام کار به واسطه "میل به پیروزی/نیاز"
روش‌های قدیمی	<ul style="list-style-type: none"> - موضوعات مربوط به حفظ دانش ضمنی - پذیرش استانداردها و اطلاعات پس زمینه مورد قبول - سیستم‌های مربوط به سال‌خوردگی/شرایط حمایتی - تعمیر و نگاه‌داری زیرساخت‌های موجود (از جمله صنعت هسته‌ای، سلاح‌ها، سیستم‌های کامپیوتری، کارکنان بخش حمایت از سال‌خوردگی) - انجام کار به واسطه "اگر ورشکستی نباشد..." 	<ul style="list-style-type: none"> - تحلیل‌های رسمی، تحلیل‌های عمیق - کاربرد وسیع‌تر فرایندها - استفاده مجدد از کالا - فرایند توسعه - استاندارد(تحقیق) نیازها-طراحی-توسعه-آزمایش) - چالش ناشی از گسترش فضای دانش - انجام کار به واسطه "بودن در محل و انجام دادن کار"
	روش‌های قدیمی/مسائل قدیمی	روش‌های قدیمی/مسائل جدید

میزان اطمینان از راه حل



مدل پیچیدگی

۲-۲-۲- مشتری مداری

انفجار به اشتراک‌گذاری دانش، همراه با پیشرفت در تکنولوژی، توانایی دستیابی به دوره جدیدی از مشتری مداری را فراهم خواهد کرد. ابزارهای جدید در ساخت و تولید، دانش جدید در باره محصولات مورد تولید و مشتریانی که از آنها استفاده می‌کنند و سادگی انتقال اطلاعات و محصولات، تولید محصولات و خدماتی که منحصراً برای کاربر نهایی طراحی شده‌اند را ممکن می‌سازد. مشتریان، محصولاتی را تقاضا می‌کنند که متناسب با نیاز آنها تهیه شده باشند. بنابراین مفهوم ساخت محصولات سفارشی، توسعه خواهد یافت و برای صنایع بسیاری، ساخت محصولات سفارشی به یک ضرورت تبدیل می‌شود. از مهندسين تقاضا می‌گردد که مشتری مداری را شتاب و توسعه دهند. به طوری که مؤسسات تولیدی در ایجاد و حفظ پایه قوی از مشتری مداری (هرکجا که این مشتریان وجود داشته باشند) رقابت خواهند نمود. اگر دنیای آینده این گونه باشد نگرانی در مورد منابع خارجی تولید انبوه با دستمزد کم، دیگر مفهومی ندارد و در عوض باید در مورد ایجاد یک محیط تجاری و نیروی کاری که در تولید انبوه با هزینه کمتر موفق باشد نگران بود. مهندسين، در مرکز چنین نیروی کاری قرار خواهند داشت.

۲-۲-۳- سیاست عمومی

مهندسی، بهداشت و سرزندگی یک ملت را متفاوت با دیگر حرفه‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. با رسوخ بیشتر تکنولوژی به زندگی ما، همگرایی مهندسی و سیاست عمومی بیشتر خواهد شد. بنابراین مهندسين باید بدانند که تکنولوژی و سیاست عمومی چگونه تعامل دارند. مثلاً مهندسين باید از اثرات سیاسی تکنولوژی‌های جدید آگاهی یابند و مأمورین دولتی نیز مفاهیم مهندسی تصمیمات سیاسی را به رسمیت شناسند. امروزه مهندسين به طور غیرمستقیم و از طریق سازمان‌های دارای اعمال نفوذ، جوامع حرفه‌ای مهندسی و اتاق‌های فکر، تلاش می‌کنند که با سیاست عمومی ارتباطی پیدا کنند. این گروه‌ها نوعاً آگاهی دادن و تأثیر گذاری بر قانون را مد نظر قرار دارند. در آینده، این ارتباط با سیاست عمومی، مسئولیت مهندسين محسوب می‌شود و در نتیجه اهمیت خواهد داشت.

۲-۲-۴- درک عمومی از مهندسی

عامه مردم آمریکا معمولاً مشتاق تکنولوژی‌های جدید هستند اما در بحث‌های مربوط به خطرات بالقوه تکنولوژی‌های جدید یا ارزش سرمایه‌گذاری ملی در پژوهش و توسعه شرکت نمی‌کنند و نسبت به تکنولوژی، بی‌سواد می‌باشند. پس مراکز آموزشی باید

دوره‌هایی را ارائه دهند که مفاهیم تکنولوژیکی دنیای واقعی را معرفی کنند. تشویق برای درک بیشتر ارزش مهندسی و سهم آن در جامعه می‌تواند موجب جذب دانشجویان مردد، به مهندسی شود.

۵-۲-۲- ساختن بر اساس موفقیت‌ها و شکست‌های گذشته

هنگام تفکر در مورد مهندسی ۲۰۲۰ مهم است که از تاریخ غنی نوآوری مهندسی در جامعه، درس‌هایی را آموخت. اغلب دیده می‌شود که خطاهای امروز با خطاهای گذشته که موجب وقوع شکست شده‌اند چندان تفاوت ندارند. با بازگویی اشتباهات گذشته، آسیب‌پذیری ما کاهش می‌یابد و از طریق بازنگری مطالعات موردی، توانایی ما برای تقلید موفقیت‌ها بهبود خواهد یافت.

۳-۲- مفاهیمی برای آموزش مهندسی

الف- یک جمعیت سالخورده

مهندس ۲۰۲۰ در جامعه‌ای کار خواهد کرد که تعداد شهروندان سالخورده بیشتری دارد ولی از سلامتی خود لذت می‌برند. این شهروندان سالخورده، قادر به کار هستند یا ممکن است مجبور به کار باشند تا تقاضاهای اقتصادی در شبکه سلامت جامعه، کاهش یابد. نیروی کار مهندسی با این افراد که سن آن‌ها از ۶۵ سال گذشته است متورم می‌گردد و به این ترتیب فرصت‌های شغلی جدید به طور جدی تحت تأثیر قرار می‌گیرند و ثبت نام در بسیاری از دانشگاه‌های مهندسی کاهش می‌یابد. کاهش افراد حرفه‌ای، مشکل کمبود مهندسی در دوره دیده در سال ۲۰۲۰ را تشدید می‌کند. برای حفظ کارکنان و درگیر نمودن کامل آن‌ها، دانشگاه‌های مهندسی باید برنامه‌های مهندسی جدیدی ایجاد کنند تا دانشجویان جدید علاقه‌مند به برنامه‌های مهندسی، ساده‌تر و به صورت آموزش آزاد (liberal education) جذب شوند. البته این روش، مهندسی با آمادگی بیشتر برای کار ایجاد نمی‌کند بلکه دانشجویانی با قدرت بالای فهم تکنولوژیکی تربیت می‌نماید که اصول علمی و مهندسی تحقیق مبنای، تحت محدودیت را درک می‌کنند و می‌توانند این اصول را برای حرفه‌ای که انتخاب می‌کنند به کار برند (فرهنگستان ملی مهندسی، ۲۰۰۱).

ب- اقتصاد جهانی

بهره‌وری گروه‌های مهندسی محلی به کمک گروه‌های مهندسی پخش شده در جهان به طور برجسته‌ای افزایش می‌یابد. به طور

عکس، اختلاف در دستمزدها ممکن است شغل‌های مهندسی خارجی را به پدیده غالب در ارتباط جهانی تبدیل نماید. ممکن است کشورهای دیگر از چین و هند یاد بگیرند که جوانان خود را به عنوان مهندس به گونه‌ای آموزش دهند تا در شغل‌های مهندسی از طرف کشورهای توسعه یافته با دستمزد بالا در همان کشور خود به عنوان نیروی خارجی به کار مشغول شوند. این کار در آمریکا باعث می‌شود که فرصت‌های شغلی بومی تحت تأثیر قرار گیرند اما در طولانی مدت ممکن است قدرت خرید دنیای توسعه یافته را بالا ببرد و بازار کلی کالاها و خدمات آمریکا را گسترش دهد. البته پرسش‌های زیر نیز مطرح خواهند بود:

اگر تقاضا برای مهندسين آمريكايي افت کند (حتی اگر به صورت موقتي و در مدتي باشد که دنیا با نظم اقتصادي جديدي انطباق مي‌يابد) آیا باز هم برای دانشگاه‌های مهندسی سنتی، ضروری است که یک سیستم دوگانه آموزش مهندسی را ایجاد کنند؟ اگر شغل‌های عادي مهندسي، بیشتر از بیرون کشور تأمین شوند آیا لازم است که ما تعداد زیادی از تکنسین‌های مهندسی را با هزینه پایین برای انجام چنین شغل‌هایی آموزش دهیم؟ آیا شرکت‌های آمريكايي تمایل خواهند داشت که برای داشتن هزینه متعادل و همچنین کنترل محلي بیشتر بر مهندسين کشور، به سمت مهندسين خارجي با هزینه کمتر بروند؟ آیا مهندسين full service لازم است که گواهي نامه يا مدرک حرفه‌ای ۵ یا ۶ ساله داشته باشند تا به عنوان مدیران مهندسی، فعالیت‌های کارگاه‌ها و شرکت‌های تابعه خارجي را هماهنگ کنند؟ نقش ABET (هیأت اعتبار گذاری برای مهندسی و تکنولوژی) در اصلاح این تغییر به سمت مدرک حرفه‌ای چیست؟ در این میان اگر به علت توسعه بازار، تقاضا برای مهندسين افزایش یافت موقعیت و سمت مهندسين آمريكايي که باید آماده شوند را (در بین مهندسين خارجي موجود) چگونه مشخص می‌کنیم؟ آیا مهندسين ما طوري تربیت شده‌اند که به عنوان مثال نیازهای موجود در بازار جهانی را پاسخگو باشند؟ آیا باید انتظار داشته باشیم که افراد دیگر همچنان به زبان انگلیسی صحبت کنند؟

ج- مدرک حرفه‌ای پنج یا شش ساله

تقریباً تمام مباحث آموزشی مهندس ۲۰۲۰ اضافه نمودن ضمیمه‌هایی را به برنامه درسی، تأیید می‌کنند. این ضمایم، بیشتر درباره ارتباطات، علوم اجتماعی، تجارت و اقتصاد، مطالعات فرهنگی، تکنولوژی‌های نانو، تکنولوژی اطلاعات و .. می‌باشند. متأسفانه در گذشته، برنامه درسی دانشجویهای دوره لیسانس مهندسی نسبت به سایر برنامه‌های درسی، نوعاً به حدود ۱۰ درصد دوره‌های تکمیلی بیشتر نیاز داشته است و یک دانشجوی مهندسی نیز نوعاً ۴/۸ سال برای تکمیل این برنامه زمان نیاز دارد. طبیعی است که اضافه کردن موارد جدید به برنامه درسی، انتخاب خوبی نیست. انتخاب‌های ممکن را می‌توان به این صورت فهرست نمود:

(a) حذف بعضی از نیازهای فعلی

(b) بازسازی دوره‌های فعلی تا به دوره‌هایی بسیار کارآمدتر تبدیل شوند.

(c) افزایش زمان صرف شده در دانشگاه برای تبدیل شدن به یک فرد حرفه‌ای در مهندسی

ممکن است لازم باشد همه موارد فوق نیز تا حدی اجرا شوند اما ذکر این نکته لازم است که تمام حرفه‌ها جز حرفه مهندسی (یعنی حرفه تجارت، پزشکی، حقوق، مدرک لیسانس را اولین مدرک حرفه‌ای نمی‌دانند. بنابراین نمی‌توان گفت که تنها با اضافه کردن دو سال تحصیلی به دوره درسی لیسانس مهندسی، این مدرک تا حد مدرک حرفه‌ای مدیران، حقوق‌دانان و پزشکان ارتقاء رتبه خواهد یافت. با این حال اگرچه نمی‌توان بی‌درنگ حکمی صادر کرد و نیاز است که یک بازسازی ریشه‌ای در رویکرد فعلی به آموزش مهندسی صورت گیرد اما مهندس ۲۰۲۰ می‌تواند دوره‌های دیگر حرفه‌ها را پیگیری کند. انجام چنین کاری ممکن است بخشی از پارامترهای رقابت بین مهندسی محسوب گردد.

د- مهاجرت و نسل بعدی دانشجویان مهندسی آمریکا

ممکن است آمریکا با توجه به مسأله تروریسم، در پذیرفتن مهاجرین محدودیت ایجاد کند و بنابراین تأمین دانشجویان و مهندسیین خارجی به طور جدی با مشکل مواجه خواهد شد و در نتیجه نیاز به دانشگاه‌های مهندسی افزایش می‌یابد. در بهترین شرایط نیز اکثر دانشگاه‌های مهندسی، نمی‌توانند تربیت و حفظ دانشجویان بومی را به خوبی انجام دهند و بنابراین این نیاز در آمریکایی که حالا دیگر به علت محدودیت در مهاجرت به یک جزیره منزوی مبدل می‌شود یک چالش خواهد بود. کاهش مهاجرت، باعث می‌گردد که تعداد دانشجویان خارجی تحصیلات پس از لیسانس که موتور پژوهش آمریکا بسیار به آن‌ها بستگی دارد شدیداً کاهش یابد. دانشجویان آمریکایی نیز به علت هزینه‌های ادامه تحصیل، تا حد زیادی به مدرک دکتری بی‌میلی نشان می‌دهند. پس باید آمادگی و انگیزه دانشجویان آمریکایی را افزایش داد تا به مدارک بالای لیسانس متمایل شوند و در نتیجه موتور پژوهش به کار ادامه دهد.

ه- ساختن بر مبنای موفقیت‌ها و شکست‌های گذشته

بررسی موردی تاریخ در آموزش مهندسی باعث می‌شود که هویت حرفه‌ای مثبت و درک سنت، ترویج گردد. همچنین می‌توان انواع روش‌هایی که موجب موفقیت یک رویکرد فنی مناسب می‌شوند را بررسی نمود.

مطالعه موفقیت‌های مهندسين نوآور می‌تواند به دانشجویان در درک ریشه‌های ابتکار و نوآوری کمک کند.

و- پژوهش پیرامون آموزش

چنانچه ورودی دانشجویان سال اول مهندسی، برقرار باقی بماند تعداد مهندسين فارغ‌التحصیل در یک سال معین می‌تواند تا ۴۰ درصد افزایش یابد. برنامه تحصیلی که در اوایل آموزش مهندسی، دانشجویان را با خلاقیت مهندسی درگیر کند و استفاده از علم جدید آموزش (روش‌های متفاوت آموزش افراد) تا حد زیادی به حفظ ورودی دانشجویان سال اول کمک می‌نماید. مراکز آموزش مهندسی باید پژوهش پیرامون آموزش مهندسی را به عنوان یک فعالیت با ارزش برای هیأت علمی خود در نظر بگیرند. اعضای هیأت علمی نیز باید تغییر در نحوه آموزش دانشجویان را درک کنند تا بتوانند خود را با سبک‌های آموزشی که برای دانشجویان مؤثرتر هستند انطباق دهند. در سال ۲۰۰۱ میلادی شورای پژوهش ملی، گزارشی تحت عنوان "افراد چگونه یاد می‌گیرند" ارائه نمود و البته موارد دیگری از این گونه تحقیقات نیز وجود دارند. پژوهشگران از طریق چنین تحقیقاتی، استراتژی‌های قدرتمندی برای آموزش در رشته‌های تخصصی گوناگون ایجاد می‌کنند.

ز- کار گروهی، ارتباطات و سیاست عمومی

مهندسين نیاز دارند که به صورت گروهی کار کنند و با افراد متعددی ارتباط داشته باشند و خود را در مناقشات سیاست عمومی ورود پیدا کنند. در آینده، مهندسين باید این فعالیت‌ها را به صورت مؤثرتری انجام دهند. از طرفی با توجه به فشارهای موجود برای کاهش هزینه‌ها از طریق کاهش ساعات درسی دوره چهار ساله، این پرسش پیش می‌آید که آیا آموزش مهندسی می‌تواند با چالش فراهم نمودن یک آموزش وسیع‌تر برای فارغ‌التحصیلان مهندسی مواجه گردد؟

۴-۲- نتیجه‌گیری

مهندسی، شناسایی، فرمول‌بندی و حل مسأله است. در ۲۰ سال آینده مهندسين و دانشجویان مهندسی نیاز دارند که ابزارهای جدید و دانش همواره رو به افزایش (در رشته‌های مهندسی در حال گسترش) را با در نظر گرفتن عکس‌العمل‌های و محدودیت‌های اجتماعی به صورت ترکیبی از ایده‌های جدید و قدیمی به کار برند. آن‌ها با گروه‌های مهندسی و غیر مهندسی گوناگونی کار

می‌کنند و باید مشکلات سیستم‌های با مقیاس بزرگ را بررسی نمایند. از طرف دیگر مهندسين و زیر ساخت آموزش مهندسی باید با مسأله تغییر ماهیت و مقیاس نیروی کار دست و پنجه نرم کنند. همچنین ممکن است امریکا مجبور شود در مورد امنیت ملی و مهاجرت مهندسين، تصمیمات سختی اتخاذ نماید.

نکته دیگر آن که بیان تاریخ مهندسی برای مهندسين ۲۰۲۰ می‌تواند در مهارت‌های فکری و قضاوت کاری آن‌ها موثر باشد و به مهندسين درباره این حرفه آگاهی‌هایی ارائه دهد. مهندسی موفق مهندسی است که در آن تحلیل راه‌حل، تحلیلی واقع‌گرایانه و پیش‌گویانه باشد. از مهندسين انتظار می‌رود که آنچه پیش از آن‌ها بنا نهاده شده است را درک کنند و با تنوع‌ها و پیچیدگی‌هایی که روبرو خواهند شد تطبیق دهند. مهندسين باید مسائل بسیار مشکل‌تر را با ارائه تکنولوژی‌های انقلابی یا به کمک راه‌حل‌های موجود ولی به روش‌های منحصر به فرد حل کنند.

مهندسی به طور فزاینده‌ای به سمت هم‌افزایی سیستم‌های فنی و اجتماعی پیش می‌رود. برای مثال مهندسی به برقراری سیستم‌های حمل و نقل پایدار، روش‌های کارآمد برای تحویل انرژی و برق، شبکه‌های ارتباطات از راه دور و روش‌های به صرفه برای تحویل غذا و آب آشامیدنی کافی کمک می‌کند. با توسعه و اجرای این سیستم‌ها ممکن است نیاز شود که هماهنگی وسیعی بین شهرها، سرزمین‌ها و ملتها صورت گیرد. سیستم‌های فنی، تمام منابع موجود (شامل انسان و زیرساخت‌های اجتماعی) را برای حصول نتایج مطلوب و برقراری توسعه پایدار به کار خواهند برد. بنابراین مهندسين ۲۰۲۰ به طور فعال در عرصه‌های سیاسی و اجتماعی درگیر خواهند بود. آن‌ها محدودیت‌های نیروی کار را درک خواهند کرد و نیازهای لازم برای روبرو شدن با مشتریان و عموم مردم را آموزش خواهند دید. چنانچه مهندسی بخواهد از پتانسیل خود برای کمک به ایجاد جهانی بهتر برای فرزندان و نوه‌های ما استفاده نماید باید توانایی، الگوهای فکری و نفوذ سیاسی خود را توسعه دهد.

۵-۲-مراجع

- Bordogna, J. 1997. Making Connections: The Role of Engineers and Engineering Education. The Bridge 27(1):11-16. Available online at: <http://www.nae.edu/nae/naehome.nsf/weblinks/NAEW-4NHMPY?opendocument>.
- Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching. 2004. Preparation for the Professions Program Description. Available online at: <http://www.carnegiefoundation.org/ppp>.
- Central Intelligence Agency. 2001. Long-Term Global Demographic Trends: Reshaping the Geopolitical Landscape. Available online at: http://www.odci.gov/cia/reports/Demo_Trends_For_Web.pdf.
- Ehler, V.J. 2003. Presentation at U.S. Congress National Outreach Day, Washington, D.C., September 9.
- Fruchter, R. 2002. Interdisciplinary Communications Medium. Available online at:

<http://www-cdr.stanford.edu/ICM/icm.html>.

- Graham, L.R. 1993. The Ghost of the Executed Engineer: Technology and the fall of the Soviet Union. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Lee, R., and J. Haaga. 2002. Government Spending in an Older America. Population Reference Bureau Reports on America, 3(1). Available online at:
http://www.prb.org/Content/NavigationMenu/PRB/PRB_Library/Reports_on_America/Reports_on_America.htm.
- National Academy of Engineering.2001.Why All Americans Need to Know More About Technology. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. 2001. How People Learn. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Shuman, L., C. Atman, E. Eschenbach, D. Evans, R.M. Felder, P.K. Imbrie, J. McGourty,R.L. Miller, L.G. Richards, K.A. Smith, E.P. Soulsby, A.A. Waller, and C.F. Yokomoto. 2002. The Future of Engineering Education. 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boston, Mass., November 6-9.
- Smerdon, E. 2003.Global Challenges for U.S. Engineering Education. 6th WFEO World Congress on Engineering Education, Nashville, Tenn., June 20-23.
- Smith, K.A. 2003.Teamwork and Project Management, 2nd Edition. New York: McGraw Hill.
- Tersine, R., and M. Harvey. 1998. Global Customerization of Markets Has Arrived. European Management Journal 16(1):45-57. Available online at:
<http://www.ou.edu/class/tersine/mgt5053/readings/Mgt5053r03.pdf>.
- U.S. Census Bureau. 2002. U.S. Census Bureau National Population Projections. Available online at:
www.census.gov/population/www/projections/natproj.html.
- United Nations. 2002. World Urbanization Prospects: The 2001 Revision Data Tables and Highlights.United Nations Department of Economics and Social Affairs, Population Division, New York.
- Wind, J., and A. Rangaswamy. 2000. Customerization: The Next Revolution in Mass Customization.eBusiness Research Center, Pennsylvania State University, University Park. Available online

آرزوهایی برای مهندس ۲۰۲۰

۱-۳- مقدمه

مهندسی، نقش کلیدی در بهبود رفاه اقتصادی، بهداشت و کیفیت زندگی ما داشته است (به واسطه خلق و اجرای تکنولوژی). سیصد سال قبل، عمر متوسط انسان ۳۷ سال بود (Kagen و همکاران، ۲۰۰۱) و امروز در بسیاری از بخش‌های جهان به علت پیشرفت‌های بنیادی در پزشکی و تکنولوژی عمر متوسط نزدیک به ۸۰ سال است (آژانس مرکزی اطلاعات، ۲۰۰۱). تنها ۱۵۰ سال قبل مسافرت از کرانه شرقی آمریکا به کرانه غربی آن یک مسافرت خطرناک محسوب می‌شد که ماه‌ها طول می‌کشید اما در دنیای توسعه یافته امروز، این مسافرت امکان‌پذیر و قابل اطمینان است؛ مراقبت بهداشتی در دسترس می‌باشد؛ اطلاعات و سرگرمی فراهم است و آب سالم و غذای بهداشتی به آسانی موجود می‌باشد.

البته تکنولوژی، نتایج منفی نیز داشته است. آلودگی، گرم شدن جهان، تهی سازی منابع کمیاب و خرابی‌های فاجعه انگیز سیستم‌های مهندسی با طراحی ضعیف از جمله مثال‌هایی برای این نتایج منفی می‌باشند. با این همه، به طور کلی مهندسی و اختراعات و نوآوری‌های آن‌ها به شکل‌گیری تغییراتی که زندگی ما را بسیار پر بار و مفید ساخته است کمک کرده‌اند.

با پیشرفت‌های جدید مورد انتظار (حاصل از زمینه‌هایی چون بیوتکنولوژی، نانوتکنولوژی و محاسبات با کارایی بالا)، سال ۲۰۲۰ می‌تواند زمانی برای انتخاب‌ها و فرصت‌های جدید باشد. آن چه که از اکنون تا سال ۲۰۲۰ به مهندسی پیشنهاد می‌شود تحکیم نقش رهبری خود در جامعه است. اگر بخواهیم از این فرصت به طور کامل بهره ببریم باید تمام جامعه در یک مباحثه قوی پیرامون نقش مهندسی و مهندسی درگیر شوند و آرمان‌هایی که دیدگاه مشتری از آینده را مشخص می‌کنند برای مهندسی بنا نهاده شوند.

۲-۳- دیدگاه‌های کمیته

الف- تصور و ادعای ما

- آرزوی ما این است که تا سال ۲۰۲۰ جامعه، تأثیر عمیق حرفه‌ی مهندسی بر سیستم‌های اجتماعی - فرهنگی، فرصت‌های در

دسترس به واسطه آموزش مهندسی و ارزش آموزش مهندسی را درک و تقدیر نمایند.

مشکل اساسی در این بین، ارتباط بین گذشته و آینده برای دستیابی به رویکردهای منطقی و مطابق حقیقت مهندسین، جهت شناسایی و روبرو شدن با موضوعات است.

- آرزوی ما این است که جامعه، اتحاد بین حرفه‌ای شدن، دانش فنی، آگاهی اجتماعی و تاریخی و رسومی که به واجد شرایط شدن مهندسین جهت آدرس دهی چالش‌های پیچیده و متفاوت جهان کمک می‌کنند را قبول کند.

مهندسی باید بر پایه اصول بنیادی علم و ریاضی بنا شود. به این ترتیب، توسعه دانش جدید و تکنولوژی‌های نوآورانه، ایمن و قابل اطمینان (که شرایط جامعه و بشر را رشد می‌دهند) حاصل خواهد شد. این تکنولوژی‌ها باید برای حل مشکلات اجتماعی با روش‌های نوآورانه و با در نظر گرفتن تفاوت‌های فرهنگی، دورنمای تاریخی و محدودیت‌های قانونی و اقتصادی به کار روند.

- آرزوی ما این است که مهندسی ۲۰۲۰ به نحو مطلوبی بر پایه ریاضیات و علم بنا نهاده شود و دیدگاه طراحی مهندسین بر اساس ریشه‌ای محکم که در درون بشریت، علوم اجتماعی و اقتصاد قرار دارد توسعه یابد. تأکید بر فرآیندهای خلاق، باعث می‌شود که برای حل مشکلات آینده در سه راه توسعه و کاربرد تکنولوژی‌های نسل بعدی، مدیریت کارآمدتری حاصل گردد.

ب- مهندسی بدون مرز

- آرزوی ما این است که حرفه مهندسی به سرعت، پتانسیل‌های حاصل از خلاقیت، نوآوری، و بارورسازی موضوعات بین رشته‌ای را برای خلق و تطبیق زمینه‌های جدید تلاش بپذیرد (مثلاً با رشته‌های غیر مهندسی مانند علوم، علوم اجتماعی و تجارت).

- آرزوی ما این است که تا سال ۲۰۲۰، مهندسین جایگاه رهبری خود را عهده‌دار شوند تا از این طریق بتوانند به عنوان تأثیرگذارانی مثبت در ایجاد سیاست عمومی و اداره دولت و صنعت خدمت کنند.

موفقیت مهندسی بر اساس وجود منبع بی‌پایانی از افراد با استعداد می‌باشد. این منبع در آمریکا بیشتر از جمعیت مذکر و سفیدپوست تغذیه شده است.

- آرزوی ما این است که حرفه مهندسی به نحو مؤثری نیروهای جدید را جذب نماید و پرورش دهد و پذیرای گروه‌های مختلف به سلسله مراتب خود باشد.

ج- مهندسی جامعه و دنیای پایدار

- آرزوی ما این است که مهندسين، عاقلانه و آگاهانه به رهبری خود در حرکت به سمت توسعه پایدار اقتصادی، ادامه دهند. این امر باید از نهادهای آموزشی ما آغاز شود و از اصول مسلم و زیر بنایی حرفه مهندسی و عملکرد آن منظور گردد.

- آرزوی ما این است که در آینده، مهندسين برای تطبیق با تغییر در قدرتهای جهانی، آمادگی داشته باشند و در ایجاد تعادل در استاندارد زندگی برای کشورهای در حال توسعه (مانند کشورهای توسعه یافته) به نحوی اخلاقی به جهان کمک کنند.

د- آموزش مهندسين ۲۰۲۰

آموزش مهندسی و ماهیت آن سالهای بسیاری مورد بحث بوده است. عامل تغییرات نیز اغلب بیرون از تشکیلات آموزشی می باشد. به عنوان مثال، اثرات رکورد اقتصادی اوایل دهه ۱۹۸۰ و پس از آن بازسازی مجدد رقابت صنایع آمریکایی و خرابی چشمگیر شاتل فضایی چلنجر در اواسط دهه ۱۹۸۰ باعث شد که به اصول کیفیت و مهارت های ارتباطی و کار گروهی، توجه بیشتری صورت گیرد. آن چه که در حال حاضر اهمیت دارد تجدیدنظر در آموزش مهندسی با رویکردی آینده مبنا است.

- آرزوی ما این است که افراد درگیر با آموزش مهندسی و مهندسين مجرب، متعهد شوند که جهت آماده سازی آموزش مهندسی برای آدرس دهی چالش ها و فرصت های اجتماعی و تکنولوژی در آینده، به نحوی واقع گرایانه ای تلاش نمایند. به کمک تفکر و بررسی مناسب و استفاده از ابزارهای برنامه ریزی استراتژیک نوین می توانیم در دوره تحصیلات و برنامه های آموزش مهندسی تجدید نظر کنیم تا مهندسين امروز از طریق شناسایی درست شیوه سریع تغییر در جهان (و عدم امکان پیش بینی آن که امری ذاتی است) برای آینده آماده شوند.

- آرزوی ما این است که برای سال ۲۰۲۰ برنامه درسی مهندسی به گونه ای شکل گیرد که پاسخگوی سبک های مختلف آموزش جمعیت های دانشجویی گوناگون باشد و برای تمام افرادی که در پی آموزشی کامل و مناسب هستند (که فرد را برای یک زندگی خلاق و پربار و موقعیت های رهبری آماده کند)، جذابیت داشته باشد.

- Kagan, D., S. Ozment, and F.M. Turner. 2001. The Western Heritage, 7th Edition. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Snow, C.P. 1998. The Two Cultures. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

۴

خصوصیات مهندسان در سال ۲۰۲۰

۱-۴-۱- مقدمه

- بحث خود را با مرور خصوصیات کلیدی که در سال ۲۰۲۰ و پس از آن، موجبات موفقیت و اهمیت حرفه مهندسی را فراهم خواهند کرد تکمیل می‌نمایم. چهار چوب بحث، اصول راهنمایی هستند که فعالیت‌های مهندسی را شکل خواهند داد. این اصول عبارتند از:
- سرعت نوآوری تکنولوژی همچنان افزایش خواهد یافت.
 - جهانی که تکنولوژی در آن گسترش می‌یابد جهانی است که به شدت از درون متصل خواهد بود.
 - جمعیت افرادی که با تکنولوژی درگیر هستند یا بر آن تأثیر می‌گذارند (به عنوان مثال طراحان، سازندگان، توزیع‌کنندگان، کاربران) تا حد زیادی متنوع و چندوجهی خواهد بود.
 - نیروهای اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و اقتصادی، همچنان بر موفقیت در نوآوری تکنولوژی تأثیرگذار خواهند بود.
 - حضور تکنولوژی در زندگی روزانه ما، یکپارچه‌تر، شفاف‌تر و قابل توجه‌تر از همیشه خواهد بود.

۲-۴-۱- ارتباطات مهندسی (گذشته، حال و آینده)

- بسیاری از خصوصیات کلیدی مهندسين در سال ۲۰۲۰ شبیه خصوصیات امروزی آنها خواهند بود. با این حال در آینده به علت اثرات تکنولوژی‌های جدید این خصوصیات بسیار پیچیده‌تر می‌شوند.
- مهندسين ۲۰۲۰ به مانند مهندسين ديروز و امروز مهارت‌های تحلیلی قوی خواهند داشت. آنها اصول علم، ریاضیات و حوزه‌های اکتشاف و طراحی را برای روبرو شدن با یک چالش خاص و یک مقصود عملی به کار می‌برند.
- این خصوصیت با گذشت زمان تغییر نخواهد کرد اما دانش مرکزی که مهندسين بر مبنای آن، محصولات و خدمات را توسعه می‌دهند ممکن است به تکنولوژی‌هایی شامل علوم زیستی، علوم نانو، علم اپتیک و علم مواد تغییر کند و سیستم‌های پیچیده بسیار شایع شوند.
- تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات نیز در همه جا حضور خواهند داشت.

- مهندسين ۲۰۲۰ قوه ابتكار عملي خواهند داشت. ديروز، امروز و همواره، مهندسي مترادف با مهارت همراه با ابتكار در برنامه‌ريزي، تركيب و تطبيق بوده است و در آينده نيز چنين خواهد بود. مهندسين با کاربرد ابتكار علمي و عملي، مشكلات را شناسايي و راه‌حل‌ها را پيدا مي‌كنند. اين مسأله به عنوان نقطه اتكاي مهندسي در آينده نيز ادامه خواهد داشت. با اين همه، در آينده با پيچيده‌تر شدن تكنولوژي و وابسته‌تر شدن جهان به تكنولوژي، تأثير چالش‌هايي كه با آن روبرو خواهيم شد تغيير خواهد كرد. نياز به راه‌حل‌هاي عملي، بسيار مهم خواهد بود و قوه ابتكار مهندسين، بسيار بيشتر از پيش اهميت خواهد داشت.
- **خلاقيت** (اختراع، نوآوري، تفكر بيرون از چهارچوب‌ها و هنر) ويژگي لازم و واجب مهندسي است. تفاوت در اين است كه حل مسائل در آينده ممكن است به تركيب محدوده وسيع‌تري از دانش ميان رشته‌اي و تمرکز بيشتر بر نتايج و ساختارهاي روشمند نيازمند باشد.
- مانند هميشه، مهندسي خوب نيازمند ارتباط خوب خواهد بود. مهندسي در قرن جديد، با گروه‌هاي ميان رشته‌اي و متنوع جهاني به طور فزاينده‌اي گره خواهد خورد. بنا بر اين پيشرفت‌هاي جديد در تكنولوژي، کاربرد مؤثر ابزارهاي ارتباطاتي مجازي را ضروري مي‌سازد.
- در گذشته، مهندسيني كه بر اصول تجارت و مديريت تسلط داشتند نقش رهبري و مديريتي پيدا مي‌كردند. اين وضعيت در آينده نيز برقرار خواهد بود. با رشد وابستگي دروني تكنولوژي و بنيادهاي اقتصادي و اجتماعي جامعه مدرن، نه تنها در تجارت بلكه در بخش‌هاي دولتي و غيرانتفاعي نيز فرصت‌هاي پديد مي‌آيد تا مهندسين پتانسيل مديريتي و رهبري خود را نشان دهند. تصميم‌گيري‌هاي سياسي در جوامع تكنولوژيكي نيازمند رهبراني است كه قدرت‌ها و محدوديت‌هاي علم و تكنولوژي را درك كنند. براي آن كه مهندسين آماده استفاده از چنين فرصت‌هايي باشند بايد اصول رهبري (**leadership**) را بدانند و قادر باشند كه اين اصول را به كار برند.
- مكمل توانايي رهبري قدرتمند، داشتن چهارچوب كاري بر پايه استانداردهاي اخلاقي و درك مفهوم حرفه‌اي گري (**professionalism**) است. البته جسارت و جرأت نيز پشتيبان اين قابليت‌ها خواهند بود. چالش‌هاي قرن جديد، پيچيده و از درون وابسته هستند و تكنولوژي‌هايي كه اين چالش‌ها را آدرس دهی می‌كنند قادر هستند بر زمين و مردمی كه بروی آن زندگی می‌كنند تأثير گذارند. مديريت كارآمد و عاقلانه منابع نيز با كار مهندسي گره خورده است. مثل هميشه، مهندسين موفق در سال ۲۰۲۰ نيز زمينه‌هاي وسيع‌تري را كه با تكنولوژي درهم پيچيده‌اند و کاربرد آن‌ها در جامعه را تشخيص خواهند داد.

• وضعیت متغیر و نامعلوم جهانی که مهندسين ۲۰۲۰ در آن کار خواهند کرد باعث می‌شود که مهندسين به قابليت‌هایی چون پویایی، چالاکی و انعطاف‌پذیری نیاز داشته باشند. تکنولوژی و دنیای اجتماعی - سیاسی - اقتصادی که مهندسين در آن کار می‌کنند پیوسته تغییر خواهد کرد. بنابراین مهندسين باید موضوعات جدید را سریع یاد بگیرند و قادر باشند این دانش را در مورد مسائل و زمینه‌های جدید به کار برند. به این ترتیب لازم است که مهندسين در تمام عمر خود در حال یاد گرفتن باشند. در حقیقت مهندس موفق در سال ۲۰۲۰ نه تنها در باره مهندسی بلکه در باره تاریخ، سیاست، تجارت و مانند این‌ها به طور پیوسته در حال یادگیری است. چه خصوصياتی خواهد داشت؟

در پایان آرزو می‌کنیم که مهندس ۲۰۲۰ قوه ابتکار Lillian Gilberth، توانایی حل مسأله Gordon Moore، بینش علمی Albert Einstein، خلاقیت Pablo Picasso، اراده برادران Wright، توانایی‌های رهبری Bill Gates، وجدان Eleanor Roosevelt، بصیرت Martin Luther king و کنجکاوی و شگفتی نوه‌های ما را در درون خود داشته باشد (Lillian Gilberth به مادر ارگونومی معروف است. او در سال ۱۹۶۶ اولین زنی بود که به عضویت فرهنگستان ملی مهندسی انتخاب شد).

۳-۴- مرجع

-Johnston, S., Gostelow, J.P., and W.J. King. 2000. Engineering and Society. New York: Prentice Hall.

گفتار آخر

مهندس سال ۲۰۲۰ و پس از آن با مجموعه مبهوت کننده‌ای از تکنولوژی‌های جدید روبرو است که سرعت پیدایش آن‌ها بسیار زیاد خواهد بود. جامعه مهندسی با جهانی روبرو است که بیش از امروز به هم پیوسته و مرتبط می‌باشد و نیازمند تیزهوشی اجتماعی و سیاسی است تا بتواند در شرایط متغیر جهان کار کند. عوامل ویژه‌ای که بر فعالیت مهندسی حکم‌فرما خواهند بود قابل پیشگویی نیستند با این حال، مجموعه‌ای از عوامل ممکن از قبل آشکار می‌باشند. گزارش حاضر، از این بین، عواملی را طرح نمود که اعضای کمیته پژوهش، آن‌ها را محتمل‌ترین و تأثیرگذارترین تشخیص داده‌اند. این عوامل، چهارچوبی را برای آموزش مهندسی فراهم می‌کنند که موضوع مرحله دوم پروژه مهندس ۲۰۲۰ می‌باشد.

آرمان‌هایی که برای مهندس ۲۰۲۰ ذکر شد، مهندسی را توصیف می‌کنند که به طور وسیعی آموزش دیده‌اند و خود را شهروند جهانی می‌دانند و می‌توانند در تجارت، خدمات عمومی، تحقیق، توسعه و طراحی، رهبری و مدیریت کنند و افرادی اخلاقی و مؤثر در تمام بخش‌های جامعه می‌باشند. ویژگی‌های مهندس ۲۰۲۰ شامل مهارت‌های قوی تحلیل، خلاقیت، قوه ابتکار، حرفه‌ای‌گری و رهبری است. ما اعتقاد داریم که امروزه مهندسی با این آرمان‌ها روبرو شده‌اند و آن‌ها را تصدیق می‌کنند. موضوع این جا است که چگونه می‌توان مطمئن شد حرفه مهندسی و آموزش مهندسی، دیدگاه جامعی متشکل از این آرمان‌ها را می‌پذیرد و در آینده به ایجاد محیطی که این ویژگی‌ها و آرمان‌ها در آن توسعه یابند کمک می‌کند.

پیوست الف : سناریوها

۱- درباره تفکر بر اساس یک سناریو

برنامه‌ریزی بر اساس سناریو، فرآیندی فوق‌العاده تعاملی، قدرتمند و با توانایی تصور بالا می‌باشد. سناریوها داستان‌های ممکن درباره آینده را بازگو می‌کنند و ابزاری برای درک آینده‌ای هستند که تصمیمات امروز ممکن است در آن نقش داشته باشند. یک برنامه‌ریزی خوب بر اساس یک سناریو، دید ما را وسعت می‌دهد و باعث می‌شود فرضیات خود را بررسی نماییم و تمرین کنیم که اگر موارد فکر نشده اتفاق افتد چه اقدامی باید انجام دهیم. نکته مهم آن است که سناریو باید آینده قابل باوری را ترسیم نماید (نه بهترین حالت یا بدترین حالت یا محتمل‌ترین تسلسل را). سناریوی خوب سناریویی نیست که آینده را دقیقاً به تصویر بکشد بلکه سناریویی است که مکانیزمی برای آموزش و وفق پیدا کردن با شرایط را ارائه نماید.

۲- انقلاب علمی بعدی

۲-۱- زمینه

تصور ما بر آن است که ایده‌های جدید در فیزیک، بیولوژی، شیمی و ریاضی در حال هدایت به سمت یک لحظه انقلابی است (لحظه‌ای که ما واقعیت را دوباره مفهوم‌سازی خواهیم کرد). چنین وضعیتی قبلاً در فیزیک و در شروع قرن بیستم تجربه شده است.

۲-۲- ابزارهای جدید

پیشرفت‌های علمی برای اکتشاف عرصه‌های جدید، اغلب بر مهندسی ابزارهای جدید تکیه دارند (مانند کاری که تلسکوپ و میکروسکوپ انجام دادند). اکنون کامپیوتر و اینترنت از جمله ابزارهای جدید مهم محسوب می‌شوند.

۲-۳- یک انقلاب وسیع و عمیق

آن چه که باعث می‌شود تصور گردد انقلابی در راه است تغییرات اساسی می‌باشند که در بسیاری از رشته‌های در حال توسعه پدید آمده‌اند. اگرچه در این متن، تمرکز بر فیزیک، بیولوژی و شیمی است ولی رشته‌های بسیار دیگری نیز قابل ذکر هستند.

۴-۲- سناریوی تکینی (یکتایی)

با این همه، نتیجه این حرکتهای انقلابی، نامعین است. شاید هم حق با نظریه پردازانی باشد که می‌گویند هیچ انقلاب جدیدی در راه نیست. اما چه روی خواهد داد اگر این پیشرفته‌ها واقعاً پیشرفته‌هایی انقلابی باشند و یکدیگر را تغذیه کنند تا در نهایت انفجاری از تغییرات پدید آید؟ در این صورت این انقلاب می‌تواند یک تکینی مفهومی ایجاد نماید.

البته می‌توانیم نتایج بعضی از دیدگاه‌های جهانی جدید را تصور کنیم. در آینده ما در جهانی ساکن خواهیم بود که به شدت از درون مرتبط می‌باشد و عملکرد انسان در آن دارای اهمیت است اما کنترل در چنین جهانی بسیار مشکل خواهد بود. قابلیت‌های جدید قابل ملاحظه‌ای برای ساخت وسایل و مواد جدید وجود خواهد داشت که به طور کامل با محیط زیست سازگار می‌باشند. حتی ممکن است منابع انرژی پاک جدیدی نیز داشته باشیم. این جهان با جهان امروز که دنیای هواپیما و اتومبیل است تفاوت دارد همان‌طور که امروز با دنیای گذشته که دنیای اسب و درشکه و کشتی‌های بخار بود تفاوت دارد.

۳- انقلاب بیوتکنولوژی در یک زمینه اجتماعی

در چنین آینده‌ای، وسایلی مانند مانیتورهای حیاتی در درون بدن نصب می‌شوند که مثلاً ضربان قلب یا وضعیت بدن را به فرد نشان می‌دهند و اتومبیل‌ها و کامپیوترهایی وجود دارند که می‌توانند با مغز انسان ارتباط برقرار نمایند و از این طریق کنترل شوند. همچنین کامپیوترها می‌توانند به درخواست افراد، از اطلاعات مورد نظر در مغزشان اطلاعات پشتیبان تهیه کنند.

بیوتکنولوژی می‌تواند تهدیدهایی را نیز برای جهان ایجاد نماید. به عنوان مثال اگر رژیم بعث عراق، ویروس کشنده Ebola-c را انتشار دهد بیولوژیست‌ها، شیمی‌دانان، فیزیک‌دانان و مهندسیین به همراه سازمان‌ها و شرکت‌ها در کنار هم و با تعریف برنامه‌های علمی بیولوژیکی (بیومهندسی، بیومکانیکی، بیوالکتریک) برای درمان بیماری‌های حاصل از این ویروس تلاش خواهند کرد. آمریکا در سال ۲۰۱۷ مجدداً رهبر جهانی در حوزه علوم زیستی خواهد بود و درمان‌هایی برای ایدز، سرطان و بسیاری دیگر از بیماری‌هایی کشف شده توسعه می‌یابد.

تا سال ۲۰۱۷ محصولات بیو، مانند مانیتورهای حیاتی که درون بدن قرار می‌گیرند، داروهای کاهش وزن که از تولید چربی در بدن جلوگیری می‌کنند، داروهای افزایش حافظه، اندام مصنوعی بیو مواد و اندام‌های داخلی قابل جایگزین، در بازار ارائه می‌گردند. تا سال ۲۰۱۸ واسطه‌های (اینترفیس‌های) ماشین-مغز تولید می‌گردند. این وسایل باعث می‌شوند که کاربرد کی بورد برای

کامپیوترها کاهش یابد. کنترل‌های بی‌سیم دارای پورت مغزی (brain-com)، برای تلویزیون و وسایل آشپزخانه پدیدار می‌شوند

و این موضوع نیز مطرح می‌گردد که آیا برای خوابیدن هم می‌توان جایگزینی کشف کرد!

۴- بلایای طبیعی منجر به تغییر تکنولوژی می‌شوند.

۴-۱-زمینه جهانی

مشکلات تأمین غذا، آب و زیرساخت‌های انرژی مورد نیاز در جهان ادامه دارد اما تا سال ۲۰۲۰ در بسیاری از زمینه‌ها پیشرفت‌هایی برای ۷ میلیارد ساکن فعلی زمین پدید می‌آید. نفت هم چنان یک عامل کلیدی در حمل و نقل خواهد بود و همچنان نیروگاه‌های برق کار می‌کنند و برق تولید می‌نمایند. بلایای طبیعی ادامه خواهند داشت و بیماری ایدز همچنان قربانی می‌گیرد اگرچه همه‌گیری آن به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. استراتژی‌هایی تخفیف زلزله توسعه می‌یابند و توانایی پیش‌بینی گردها افزایش می‌یابد. از نظر سیاسی نیز زمان‌های متلاطمی وجود خواهد داشت.

۵-کشمکش جهانی یا جهانی شدن

بمباران برج‌های مرکز تجارت جهانی در سال ۲۰۰۱ باعث شد که افزایش اختلافات تکنولوژیکی بین ملت‌ها آشکار گردد. اگرچه پاسخ نظامی فوری، آن گروه خاص از تروریست‌ها را حذف کرد اما باقی تروریست‌ها حملات تروریستی را به عنوان یک موفقیت اساسی مد نظر قرار دادند و طرح‌های خود را در این زمینه طرح نمودند. در حقیقت تروریسم و اقدامات نظامی در مقابله با آن با میزان در دسترس بودن تکنولوژی پیوند می‌خورد. تروریسم باعث می‌شود که کشورها محدودیت‌هایی ایجاد کنند و همکاری‌های بین‌المللی کاهش یابند. مسائل امنیتی نیز باعث می‌گردد که توزیع بهتر تکنولوژی به ملل جهان سوم کاهش یابد یا قطع گردد.

۵-۱-جهانی شدن

در این آینده برای روبرویی با تهدیدهای تروریسم، دنیای توسعه یافته تا حد امکان به سمت ایزوله کردن خود پیش می‌رود اما در میان شرکای تجاری سنتی، تجارت به مانند همیشه برقرار است. شرکت‌های بین‌المللی در تلاش برای پیدا کردن تأمین کنندگان

کالا با قیمت کم، تولید و خدمات فنی را به بیرون از مرزها امتداد می‌دهند. این شرایط باعث می‌شود که یافتن شغل‌های نیازمند خلاقیت مانند طراحی مهندسی در بیرون از مرزها تا حد زیادی مد نظر قرار گیرد و البته این مسأله بر اقتصاد امریکا تأثیر می‌گذارد. با این حال عوامل دیگری نیز وجود دارند که به جانشین شدن مشاغل مهندسی جدید کمک می‌کنند. به عنوان مثال از طریق طراحی به کمک کامپیوتر و مهندسی نرم‌افزار توسعه بهره‌وری ممکن می‌شود. به این ترتیب، سیستم جدیدی از مهندسی گسترش می‌یابد. تعدادی از نخبگان عهده‌دار کنترل اصلاحات نرم‌افزاری می‌شوند و گروه پایین‌تری از تکنسین‌ها، برنامه‌های استاندارد را اجرا می‌کنند. کمتر پیش می‌آید که مهندسی بیرون از صنایع دفاعی، شغلی پیدا کنند و تنها دانشگاه‌های مهندسی اصلی در برابر کاهش ثبت‌نام‌ها همچنان طاقت می‌آورند.

به علت بهبود بهداشت و نرخ بالای تولد، تمرکز خطرناک افراد جوان ناراضی در بسیاری از کشورهای توسعه یافته وجود خواهد داشت. البته کشورهای با مدیریت روشنفکرانه تر تشخیص می‌دهند که آموزش، یک راه‌حل و تکنولوژی، موتور رشد است و بنابراین تلاش می‌کنند سیستم‌های آموزش فنی خود را خلق کنند یا بهبود بخشند.

پیوست ب: اسامی شرکت کنندگان در کارگاه آموزشی

سخنرانان اصلی

Philip Condit (NAE)
Chairman and CEO
The Boeing Company

Bran Ferren
Co-chairman and Chief Creative Officer
Applied Minds, Inc.

Shirley A. Jackson (NAE)
President
Rensselaer Polytechnic Institute

Peter Schwartz
Chairman
Global Business Networks

مهمانان دعوت شده

Richard Y. Chiao
Manager
Ultrasounds Systems Engineering
General Electric Medical Systems

Lloyd S. Cluff (NAE)
Manager
Geosciences Department
Pacific Gas and Electric Company

Connie L. Gutowski
Director (former)
6 Sigma/Truck Business Group
Ford Motor Company

Charles Hura
Engineering Manager
Eastman Kodak Company

Scott W. Jorgensen
Manager
Energy Storage Systems Group
General Motors R&D Center

Karen W. Markus
Vice President
Technology Strategy
JDS Uniphase Corporation

Paul MacCready (NAE)
Chairman

AeroVironment, Inc.

Gary S. May
Executive Assistant to the President
Motorola Foundation Professor of Microelectronics in Electrical and
Computer Engineering
Office of the President
Georgia Institute of Technology

Pamela McCorduck
Author

Eugene S. Meieran (NAE)
Intel Fellow and Director
Intel Corporation

Jill T. Sideman
Director and Vice President
CH2M HILL

Marvin Theimer
Senior Researcher
Microsoft Research

Rudolph Tromp
Engineering Consultant
Corporate Technical Strategy and Development
IBM Corporation

دانشجویان مهندسی

Ron Grover
College of Engineering
University of Michigan

Danielle Hinton
Department of Electrical Engineering
Massachusetts Institute of Technology

Elizabeth Hollenbeck
Department of Mechanical and Aerospace Engineering
University of California at Irvine

Alan J. Michaels
College of Engineering
Georgia Institute of Technology

هیأت راهبری

G. Wayne Clough (NAE), *Chair*
President
Georgia Institute of Technology

Alice M. Agogino (NAE)
Roscoe and Elizabeth Hughes Professor of Mechanical Engineering

University of California, Berkeley

George Campbell, Jr.
President
Cooper Union for the Advancement of Art and Science

James Chavez
Manager
Government Relations
Sandia National Laboratory

David O. Craig
Director
Retail IT—Back Office Applications
Reliant Energy

José B. Cruz, Jr. (NAE)
Howard D. Winbigler Chair in Engineering and Professor of Electrical
Engineering
The Ohio State University

Peggy Girshman
Broadcast Journalist
National Public Radio

Daniel E. Hastings
Professor of Engineering Systems and Aeronautics and Astronautics
Massachusetts Institute of Technology

Michael J. Heller
Professor
Department of Bioengineering/Electronic Engineering and Computer
Science
University of California, San Diego

Deborah G. Johnson
Olsson Professor of Applied Ethics
Department of Technology, Culture and Communication
University of Virginia

Alan C. Kay (NAE)
Founder and President
Viewpoints Research Institute

Tarek Khalil
Professor, Department of Industrial Engineering
University of Miami

Robert W. Lucky (NAE)
Corporate Vice President
Telcordia Technologies

John M. Mulvey
Professor, Department of Operations Research and Financial Engineering
Princeton University

Sharon L. Nunes
Vice President, Emerging Businesses
T.J. Watson Research Center
IBM Corporation

Henry Petroski (NAE)
Aleksandar S. Vesic Professor of Civil Engineering and Professor of History
Duke University

Sue V. Rosser
Dean of Ivan Allen College
The Liberal Arts College of Georgia Tech and Professor of History,
Technology, and Society
Georgia Institute of Technology

Ernest T. Smerdon (NAE)
Emeritus Professor of Civil Engineering and Professor of Hydrology
University of Arizona

کارکنان NAE

Wm. A. Wulf (NAE), President
Lance A. Davis (NAE), Executive Officer
Proctor Reid, Associate Director, Program Office
Patricia F. Mead, Senior Program Officer
Matthew E. Caia, Senior Project Assistant

پیوست ج: خلاصه زندگی نامه اعضای گروه پژوهش مهندس ۲۰۲۰

G.Wayne Clough: (ریس هیأت پژوهش) رئیس موسسه تکنولوژی جرجیا و پیشرو در آموزش و پژوهش مهندسی

Alice M. Agogino: استاد مهندسی مکانیک که آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی متعدد را در دانشگاه برکلی کالیفرنیا اداره می‌کند.

George Campbell: رئیس پیشبرد علم و هنر Cooper union که یکی از مؤسسات آموزش عالی آمریکا است و توسط افراد بسیاری برای تحصیل انتخاب می‌شود.

James Chavez: عضو دولت فدرال انجمن مهندسين مکانیک آمریکا

David O. Craig: او مدیر IT Back Office Application for Reliant Resources Inc در هوستون تگزاس است.

Jose B. Cruz: او مدیر مهندسی Howard D. Winbigler و استاد مهندسی برق در دانشگاه ایالتی اوهایو است.

Peggy Girshman: به مدت ۲۶ سال خبرنگار بوده است.

Daniel E. Hastings: استاد هوافضا و سیستم‌های مهندسی در MIT

Michael J. Heller: مؤسس Nanogen Inc.

Deborah G. Johnson: استاد اخلاق کاربردی، طبقه‌بندی تکنولوژی، فرهنگ و ارتباطات در دانشگاه ویرجینیا

Alan C. kay: عضو ارشد لابراتوارهای Hewlett- Packard و مؤسس و رئیس موسسه پژوهشی Viewpoistn Inc.

Tarek M. Khalil: استاد مهندسی صنایع در دانشگاه میامی که مقام استادی مهندسی بیوپزشکی، بهداشت عمومی و همه گیر شناسی و جراحی عصب شناختی را نیز دارا می‌باشد.

Robert w. Lucky: مقاله نویس IEEE Spectrum که پیرامون سناریوهای آینده مهندسين برق بحث می‌کند.

John M. Mulvey: استاد تحقیق در عملیات و مهندسی مالی در دانشکده علوم کاربردی و مهندسی دانشگاه پرینستون

Sharon L.Nunes: مدیر راه‌حل‌های علوم زیستی در IBM که مسئول ارائه راه‌حل‌های جدید فنی برای بازارهای دارویی و بیوتکنولوژی است.

Henry Petroski: استاد مهندسی عمران Aleksandar S. Vesic و استاد تاریخ در دانشگاه Duke

Sue V. Rosser: استاد تاریخ، تکنولوژی و جامعه

Ernest T. Smerdon: او سه سال با بنیاد ملی علوم در زمینه آموزش و پرورش، همکاری داشته است و در حال حاضر

بازنشسته دانشگاه آریزونا می باشد. اکنون اکثر وقت خود را پیرامون موضوعات آموزش مهندسی صرف می کند.

رابطه پروژه

Stephen W. Director: رییس مهندسی Robert J. Valsic و استاد مهندسی برق و کامپیوتر در دانشگاه میشیگان

Sue V. Rosser: وی به عنوان رییس کالج Ivan Allen، کالج هنرهای آزاد در Georgia Tech که در آن جا استاد

تاریخ، تکنولوژی و جامعه نیز بوده است خدمت کرده است.