

TỔNG LUẬN SỐ 4/2010

**NHỮNG CÔNG NGHỆ QUAN TRỌNG HÀNG
ĐẦU ĐỐI VỚI MỸ TỪ NAY TỚI NĂM 2025**

LỜI GIỚI THIỆU

Từ những năm 20 của thế kỷ trước, Mỹ luôn chứng tỏ là quốc gia dẫn đầu và là trung tâm khoa học (KH&CN) của thế giới. Để có được vị thế này, các nhà hoạch định chính sách của Mỹ luôn coi các khám phá và tiến bộ về KH&CN là động lực cơ bản chi phối sự tăng trưởng kinh tế và cải thiện mức sống. Vì vậy, sự giảm sút về khả năng cạnh tranh KH&CN có thể gây ảnh hưởng đến vị thế siêu cường của Mỹ, đặc biệt là khả năng cạnh tranh kinh tế, tiêu chuẩn sống và cả nền an ninh quốc gia của nước này.

Một trong những yếu tố luôn giúp Mỹ đi đầu và dẫn dắt các xu thế KH&CN thế giới là khả năng dự báo, xác định các xu thế KH&CN để tập trung đầu tư phát triển, đặc biệt là các lĩnh vực công nghệ mới có tầm quan trọng hàng đầu đối với Mỹ và tác động mạnh tới phần còn lại của thế giới. Nắm bắt được các xu thế phát triển chính của các lĩnh vực công nghệ mới từ nay đến năm 2025, Hội đồng Tình báo Quốc gia Mỹ (National Intelligence Council - NIC) phối hợp với Cơ quan tình báo doanh nghiệp (SRIC-BI) đã đưa ra một báo cáo nghiên cứu trong đó nhấn mạnh 6 công nghệ mà NIC cho rằng có tầm quan trọng hàng đầu, có khả năng tác động sâu sắc, rộng lớn và quyết định đối với sức mạnh quốc gia của Mỹ từ nay đến năm 2025. Đó là các công nghệ Công nghệ gen - trị liệu (Biogerontechnology), Công nghệ sản xuất nhiên liệu sinh học và các hoá chất dựa trên sinh học, Công nghệ vật liệu tích trữ năng lượng, Công nghệ than sạch, Công nghệ chế tạo robot dịch vụ (Robotics) và Công nghệ Internet liên kết mọi vật (The Internet of Things).

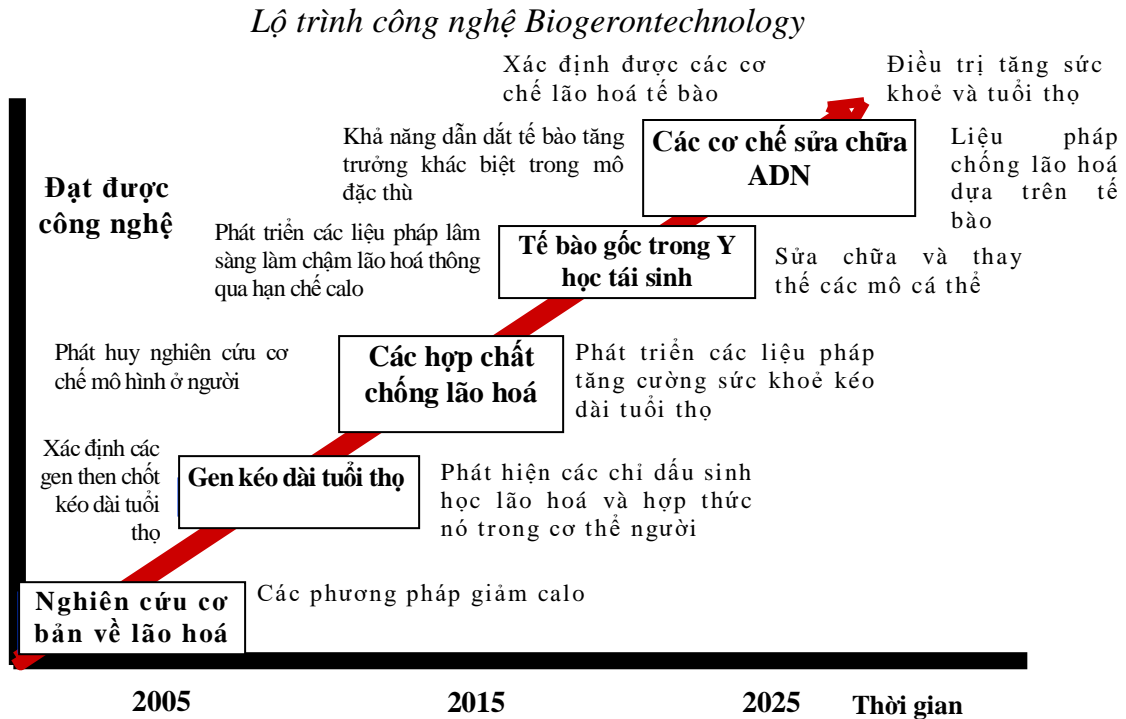
Để giúp bạn đọc có thêm thông tin về những công nghệ trên, Cục Thông tin KH&CN Quốc gia biên soạn và xuất bản Tổng luận: **“NHỮNG CÔNG NGHỆ QUAN TRỌNG HÀNG ĐẦU ĐỐI VỚI MỸ TỪ NAY TỚI NĂM 2025”**.

Xin trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc!

Cục Thông tin KH&CN Quốc gia

I. CÔNG NGHỆ BIOGERONTECHNOLOGY, CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT NHIÊN LIỆU SINH HỌC VÀ CÁC HOÁ CHẤT DỰA TRÊN SINH HỌC

1.1. Công nghệ Biogerontechnology



Biogerontechnology (Công nghệ gen - trị liệu) là lĩnh vực ứng dụng các kết quả nghiên cứu khoa học về cơ sở tế bào và phân tử của bệnh tật và quá trình già hóa để phát triển các biện pháp công nghệ mới điều trị các triệu chứng bệnh tật liên quan đến tuổi già, với mục đích cuối cùng là để tăng cường sức khỏe, duy trì khả năng hoạt động và sống độc lập của dân số đang già hóa. Tiềm năng đột phá thực sự của biogerontechnology được dựa trên cơ sở một loạt các lĩnh vực công nghệ then chốt về sinh học phân tử như genomics (bộ gen học), proteomics (protein học), metabolomics (trao đổi chất học) và về sinh học tế bào (như tế bào gốc, tín hiệu tế bào, và chức năng ty thể). Tiềm năng đột phá có tính cách mạng của biogerontechnology không phải chỉ xuất phát từ một lĩnh vực duy nhất mà từ sự phối hợp của nhiều lĩnh vực công nghệ thông qua sự hội tụ và sáng tạo tri thức từ sự giao thoa giữa các lĩnh vực tác động và chi phối lẫn nhau.

Con người luôn bị thôi thúc bởi mong muốn khám phá sự khởi nguồn của tuổi trẻ. Cho đến nay vẫn chưa có lý thuyết nào, giải thích về việc tại sao con người già hóa và già đi như thế nào, được chấp nhận rộng rãi và kiến thức có được từ bất kỳ của một lĩnh vực cá thể nào cũng đều chưa hoàn thiện. Kết quả là, các lộ trình công nghệ dẫn đến sự phát triển các phương pháp can thiệp chống già hóa vẫn chưa có nhiều và khác biệt đáng kể về chiến lược, vì vậy hiện tại mới chỉ mang tính lý thuyết và suy đoán cao.

Các nhà nghiên cứu thường phân chia các lý thuyết về giá hóa sinh học thành hai hạng mục riêng biệt nhưng thường không loại trừ nhau, đó là:

- Các lý thuyết lập trình đưa ra giả thuyết rằng cơ thể sinh vật tuân theo một kế hoạch phát triển đã được lập trình, kể cả tuổi thọ, nội tiết đã được lập trình, và tuân theo các nguyên lý miễn dịch.
- Các lý thuyết sai lệch, trong đó nhấn mạnh đến vai trò của các tác động môi trường trong quá trình già hóa, kể cả sự hao mòn và phá vỡ sinh học, sự liên kết chéo các protein, các gốc tự do và sự tổn thương ADN sinh dưỡng.

Nhìn chung, trong các công trình nghiên cứu của mình các nhà khoa học đang đi theo hướng tìm hiểu về quá trình lão hóa chủ yếu xảy ra khi các tế bào bị mất đi khả năng sao chép và khả năng duy trì chức năng phục hồi để phản ứng trước những tổn hại phân tử tích tụ cùng với thời gian sống của sinh vật. Kết quả là các cơ chế cơ bản ẩn sau sự lão hóa có thể nắm giữ chìa khóa cho phép phân biệt các khía cạnh già hóa có tính phá hủy và làm tăng nguy cơ con người có thể mắc bệnh, tàn tật và tử vong với một số biểu hiện sinh lý học lành tính hơn khác. Thách thức đặt ra là phải hiểu được rằng quá trình sinh học được nhấn mạnh bằng thực tế rằng sự lão hóa hiện nay vẫn còn là một khía cạnh ít hiểu biết nhất trong quá trình giá hóa.

Mặc dù các nhà nghiên cứu tin chắc rằng tuổi thọ của con người có thể kéo dài thông qua sự hiểu biết và tác động đến các quá trình sinh học, nhưng vẫn chưa có bằng chứng khoa học từ các công trình nghiên cứu về con người thuyết phục rằng sự kéo dài tuổi thọ con người thông qua biogerontechnology là có thể tồn tại. Các lĩnh vực nghiên cứu khoa học tiên tiến đang mang lại tiềm năng lớn nhất của biogerontechnology bao gồm di truyền học về già hóa và xác định các con đường điều tiết quan trọng đối với quá trình già hóa; sự điều chỉnh các telomere (thể nhiễm sắc) và các enzym telomeraza có tiềm năng tạo ra tế bào có một khả năng tự phục hồi vĩnh viễn; và tiềm năng về sự phục hồi mô thông qua sử dụng các tế bào gốc phôi người.

Các khối cấu thành năng lực

Các công trình nghiên cứu chứng minh khả năng kéo dài tuổi thọ được thực hiện chủ yếu ở các sinh vật mẫu, như giun tròn, men, và ruồi giấm, các kết quả thu được cho rằng sự già hóa được làm chậm lại có thể làm nảy sinh một sức ép xác thực về số tử vong và tình trạng bệnh tật. Các thành phần tạo khả năng của các công nghệ kiến trúc then chốt đang được đưa vào áp dụng trong việc kéo dài tuổi thọ ở các mẫu hình động vật bao gồm: xác định và thao tác các gen "tuổi thọ", lão hóa tế bào, hạn chế calo với mục đích coi việc giảm lượng calo tiêu thụ như một phương thức để kéo dài tuổi thọ tối đa và trung bình trong khi vẫn duy trì được sức khỏe và hoạt động thể chất; và việc tái sinh mô sử dụng các tế bào gốc phôi:

Việc làm giảm lượng calo tiêu thụ là cách tiếp cận duy nhất mà các nhà khoa học đã phát hiện thấy cho đến nay, có thể làm tăng tuổi thọ ở các loài động vật có vú. Động vật linh trưởng được coi là mẫu hình động vật kế tiếp để tiến thêm một bước tới việc được công nhận ở con người.

- Việc thao tác di truyền các gen "tuổi thọ" ở giun tròn cũng đã chứng tỏ có thể kéo dài đáng kể tuổi thọ tự nhiên ở loài động vật này. Các gen tương ứng đã được xác định ở người nhưng sự công nhận giá trị khoa học vẫn còn xa mới trở thành hiện thực.
- Sự lão hóa có thể dẫn đến những thay đổi ở các chức năng tế bào quan trọng, như các chức năng dẫn đến những thay đổi ở biểu hiện gen, điều này cuối cùng làm tăng tính dễ bị tấn công của một cá nhân bởi bệnh tật thông qua sự tăng trưởng và hình thành khối u không thể kiểm soát.
- Các thể nhiễm sắc (telome) được chú trọng nghiên cứu là một cơ chế quan trọng trong việc hiểu được diễn biến sinh học của quá trình già hóa, trong đó các nhà nghiên cứu đang mong muốn hiểu được làm thế nào để kiểm soát và định hướng được sự sao chép tế bào và sự lão hóa tế bào.
- Các tế bào gốc phôi người có thể mang lại những khả năng độc nhất vô nhị giữ cho trẻ mãi và khả năng tự hồi sinh rất nhanh và nắm giữ triển vọng to lớn như một nguồn tế bào đa năng và vô hạn để thay thế các mô và cơ quan.

Việc có được nguồn kinh phí tài trợ có thể là yếu tố mang tính quyết định nhất tác động đến nghiên cứu trong lĩnh vực này. Hiện nay, chính phủ Mỹ đang chi hàng trăm triệu đôla mỗi năm cho việc nghiên cứu về quá trình già hóa. Các nguồn tài trợ tư nhân còn lớn hơn nhiều nhưng có thể vẫn không đủ mức cần thiết để thúc đẩy lĩnh vực này. Một nhóm các nhà nghiên cứu về già hóa hàng đầu của Mỹ gần đây đã kêu gọi Quốc hội nước này cho phép đầu tư 3 tỷ USD mỗi năm cho nỗ lực nghiên cứu này và để tạo ra cơ sở hạ tầng tổ chức và trí tuệ cần thiết hỗ trợ và thúc đẩy lĩnh vực nghiên cứu này.

Trong số 3 tỷ USD, họ đề nghị rằng nên dành một phần ba cho nghiên cứu sinh học cơ bản về sự già hóa với trọng tâm là bộ gen học và y học hồi sinh do chúng liên quan đến khoa học về tuổi thọ; dành một phần ba quỹ trên cho việc nghiên cứu các bệnh tật liên quan đến tuổi già như một phần trong nỗ lực phối hợp của NIH; một phần ba còn lại nên chia đều cho việc triển khai các nghiên cứu thử nghiệm lâm sàng và một xúc tiến nghiên cứu y học phòng bệnh nhằm vào việc làm giảm các yếu tố nguy cơ có thể làm giảm tuổi thọ.

Tác động của việc xúc tiến các năng lực công nghệ khác nhau

Biogerontechnology tập trung các nỗ lực nghiên cứu khoa học và công nghệ hàng đầu nhằm mục đích hiểu được và thao tác cơ sở sinh học của tuổi thọ. Các ứng dụng nổi lên sẽ không chỉ hướng tới sự kéo dài thời gian sống của một cá nhân mà còn tạo điều kiện thuận lợi để duy trì các khả năng về thể chất và các chức năng về trí tuệ ở tuổi già. Mặc dù các kết quả nghiên cứu từ các mẫu hình động vật là rất có ấn tượng, nhưng vẫn chưa thuyết phục được tất cả các nhà nghiên cứu rằng những lợi ích trong nghiên cứu về sự lão hóa ở động vật có thể dễ dàng truyền qua giữa các loài. Độ an toàn và rủi ro của các thủ thuật nhất định, như việc quan sát khả năng sinh sản suy giảm ở động vật hạn chế tiêu thụ calo chẳng hạn, đây là ví dụ điển hình về bản chất của tính không chắc chắn liên quan đến lĩnh vực này. Để khắc phục những tình trạng

không chắc chắn này và đánh giá tính hiệu quả của các phương pháp điều trị thử nghiệm được cho là có thể làm chậm, tạm dừng hay thậm chí là đảo ngược quá trình già hóa, rất có khả năng là việc đánh giá lâm sàng và tính an toàn ở người có thể đáp ứng tốt nhất ở nhóm dân số trẻ hơn, những người có độ tuổi ít nhất. Những nghiên cứu như vậy dường như sẽ phải mất hàng thập kỷ chứ không phải vài năm để mang lại các kết quả có đầy đủ ý nghĩa.

Các công nghệ hỗ trợ

Các ích lợi rõ ràng đối với tuổi thọ con người đã được xác nhận cho đến nay là kết quả của những tiến bộ thông qua các công nghệ và những can thiệp mang lại khả năng thông thường hơn, như các thực tiễn bảo vệ sức khỏe cộng đồng dưới hình thức vệ sinh, các can thiệp y học thông qua vắc-xin và thuốc kháng sinh, và những cải tiến môi trường, đó là những biện pháp sẽ tiếp tục đóng vai trò quan trọng trong tương lai. Cách tiếp cận công nghệ hiệp lực nhằm vào mục tiêu phòng ngừa hay điều trị bệnh và các yếu tố nguy cơ liên quan sẽ đóng một vai trò hỗ trợ cho biogerontechnology trong việc hiện thực hóa những lợi ích tuổi thọ tương lai. Tuy nhiên, những ích lợi tăng tuổi thọ có thể đạt được thông qua các cách tiếp cận này sẽ tăng dần nhờ vào sự cải tiến dần những năng lực hiện tại, có thể sánh với những ích lợi theo dự đoán có thể đạt được thông qua tiềm năng đổi mới công nghệ mang tính đột phá thực sự mà biogerontechnology có thể mang lại.

Các xu thế công nghệ cũng đóng góp theo hướng phá vỡ được quá trình già hóa và chống lại quan niệm truyền thống về tuổi già. Ví dụ, các thực tiễn y học thẩm mỹ và những sở thích trong lối sống là những ví dụ về các xu thế trên thực tế đã diễn ra để hướng tới việc làm chậm nếu không phải là làm ngừng quá trình già hóa. Các biến đổi phi sinh học là yếu tố quyết định quan trọng của sự trải nghiệm già hóa (dưới dạng tuổi thọ và thiên hướng mắc bệnh, tật) như giới tính, sắc tộc, thể trạng cảm xúc, địa vị xã hội, hoạt động cách sống và các nguồn lực cá nhân (như giáo dục và sự giàu có) tất cả cũng cần được xem xét. Các yếu tố này cùng với các thực tiễn chăm sóc sức khỏe thông thường cần được cân nhắc trong khi tìm hiểu các công nghệ hỗ trợ và vai trò đóng góp mà các công nghệ này có thể có trong việc mang lại khả năng cho con người có thể sống một cuộc sống thọ và khỏe mạnh hơn.

<p style="text-align: center;"><i>Y học chữa bệnh</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Các phân tử nhỏ - Dược sinh học - Vắc-xin 	<p style="text-align: center;"><i>Các thiết bị y tế</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Chân đoán phân tử - Các thiết bị vận chuyển thuốc - Các thiết bị cấy ghép y học
<p style="text-align: center;"><i>Tăng khả năng con người</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lắp chi giả - Cơ quan nhân tạo - Cơ quan thần kinh nhân tạo 	<p style="text-align: center;"><i>Lối sống và thể chất lành mạnh</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dược phẩm dinh dưỡng hay thực phẩm chức năng - Các chất bổ trợ cho chế độ ăn uống và tăng cường sức khỏe - Các loại thuốc thay thế

<p style="text-align: center;"><i>Quản lý chăm sóc sức khỏe điện tử</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hồ sơ sức khỏe điện tử - chăm sóc sức khỏe phù hợp với từng cá nhân - Hồ sơ thông tin sức khỏe cá nhân và tương tác tích hợp con người - máy tính. 	
--	--

Ứng dụng

Các ứng dụng then chốt và bằng chứng cụ thể của biogerontechnology

Quá trình sinh học của sự già hóa biểu hiện ở nhiều cách khác nhau có thể nhận thấy từ việc quan sát da (kém mềm mại và linh hoạt), xương (khớp nối bị mài mòn và lão hóa), các mô cơ thể (tổn hại tích tụ đối với hệ thống kiểm soát tế bào dẫn đến phát triển ung thư), các cơ (teo cơ hoặc hao mòn cơ bắp), các giác quan (suy giảm dần về chất lượng và độ chính xác), bộ não (thoái hóa thần kinh), hệ thống nội tiết (các hoocmon trở nên kém điều tiết), và hệ thống tuần hoàn (xơ vữa động mạch và xơ cứng các mạch máu). Các ứng dụng thông qua biogerontechnology sẽ không chỉ hướng tới kéo dài thời gian sống của cá nhân mà còn tạo điều kiện cho họ có thể duy trì được sức khỏe thể chất và các chức năng trí tuệ khi bước vào tuổi già. Các nhà khoa học có thể đạt tới các đích nghiên cứu đó thông qua một số các chiến lược khác nhau, như ngăn chặn bệnh tật liên quan đến các căn bệnh kinh niên ở tuổi già, làm chậm quá trình già hóa và làm ngừng hoặc thậm chí là đảo ngược quá trình già hóa.

Mặc dù cho đến nay vẫn chưa có biện pháp can thiệp nào có mặt trên thị trường có thể chứng tỏ khả năng làm chậm, làm ngừng hoặc đảo ngược được quá trình già hóa ở con người, nhưng thực tế rằng chi phí để có được các thông tin sinh học đang giảm gần 50% mỗi năm, điều này cho thấy các nhà nghiên cứu ngày càng có nhiều cơ hội hơn để nắm bắt và sử dụng các thông tin khám phá tri thức sinh học, ngày càng có hiệu quả và khả năng sinh lợi lớn hơn và áp dụng nhanh hơn cho việc nghiên cứu và phát triển sản phẩm. Tri thức đạt được ngày nay có thể áp dụng ngay lập tức dưới dạng các chiến lược mở rộng, thí dụ như duy trì sức khỏe lành mạnh thông qua dinh dưỡng chẳng hạn. Thế hệ các ứng dụng tiếp theo sẽ liên quan đến sự phát triển các công nghệ y học, như các xét nghiệm kiểm tra hay chẩn đoán và cuối cùng là những phép điều trị có thể làm chậm thời điểm tấn công của bệnh tật, kéo dài tuổi thọ hay phục hồi sức sống và các chức năng cho các cơ quan và bộ óc già hóa.

Các sản phẩm có ảnh hưởng hiện nay

Nghiên cứu về các cơ chế sinh học của sự già hóa đang được tập trung theo hướng mang nhiều triển vọng để phát triển và làm hiện thực hóa các phương pháp chống già hóa vượt xa khả năng điều trị của các loại thuốc hiện nay. Các nhà nghiên cứu đã thành lập các công ty để xúc tiến thương mại hóa các khám phá nghiên cứu của mình trong lĩnh vực biogerontechnology. Tuy nhiên, các chiến lược chữa bệnh hiện tại vẫn còn có xu hướng tập trung vào các loại thuốc làm chậm quá trình già hóa thông qua việc mô phỏng theo sự hạn chế lượng calo. Hai công ty dược phẩm Sirtris và Elixir

hiện đang dẫn đầu trong lĩnh vực này. Để tiến hành quá trình thử nghiệm lâm sàng và làm tăng khả năng thương mại hóa thành công, các loại thuốc ứng cử viên thế hệ đầu tiên của hai công ty này nhằm mục tiêu vào các bệnh cụ thể liên quan đến tuổi già như bệnh tiểu đường và ung thư, thông qua việc nhắm vào hai con đường DAF-2 và SIR-2, chứ không phải là nhằm vào chính quá trình già hóa. Sự tiến bộ của họ thông qua quá trình triển khai lâm sàng rất quan trọng đối với việc giám sát để đánh giá khoa học cơ bản, có thể chứng minh được tầm quan trọng trong việc xúc tiến các sản phẩm sẽ có thể kéo dài thời gian sống và tuổi thọ của con người. Công ty Elixir ước tính tiềm năng thị trường thuốc chống già hóa có thể có trị giá hàng tỷ đôla dựa trên lượng thuốc được sử dụng hiện nay để điều trị các bệnh tiểu đường, ung thư và các bệnh liên quan đến tuổi già khác.

Các khả năng mới được tạo ra bởi biogerontechnology

Việc hiểu được sự già hóa như một quá trình sinh học bị suy kiệt do khả năng duy trì và tự điều chỉnh của cơ thể bị giảm sút chỉ ra rằng việc hiểu được các cơ chế để giữ cho mọi thứ trong cơ thể đều có thể phục hồi về mặt lý thuyết có thể dẫn đến độ tin cậy thao tác cao. Các liệu pháp điều trị nổi lên như kết quả từ biogerontechnology có thể bao gồm các loại thuốc chống già hóa, các cơ chế điều chỉnh ADN, các chiến lược giới hạn lượng calo, tái tạo các mô, làm trẻ hóa bộ não, và các chiến lược điều khiển trao đổi chất và duy trì tính nguyên trạng phân tử.

Thời điểm

Sự thừa nhận tính khả thi và tiềm năng về khả năng có thể điều khiển được sự già hóa đang gia tăng trong nghiên cứu cơ bản. Tuy nhiên, hiện trạng tri thức và năng lực hiện nay trong lĩnh vực này chỉ ra rằng các hoạt động nghiên cứu cơ bản và ứng dụng có vẻ như sẽ thu hút đa số các nguồn lực dành cho biogerontechnology vào năm 2025 và xa hơn nữa. Việc sử dụng biogerontechnology trong các hoạt động nghiên cứu được phẩm cũng có khả năng xảy ra vào thời điểm trên, nhưng mức độ ứng dụng khoa học trong các hoạt động nghiên cứu được phẩm sẽ còn phụ thuộc rất lớn vào mức độ, tiến độ và định hướng của tài trợ nghiên cứu cơ bản và những thấu hiểu và các đột phá được hiện thực hóa trong nghiên cứu cơ bản. Các ứng dụng phát triển sản phẩm của ngành khoa học này ban đầu có thể sẽ nhằm vào mục tiêu điều trị các căn bệnh cụ thể. Tất cả mọi điều đều được cân nhắc, sự phát triển các loại thuốc nhằm mục tiêu cụ thể vào việc chống già hóa có thể sẽ bắt đầu bước vào giai đoạn triển khai lâm sàng trong vòng 15 năm nữa và các sản phẩm đầu tiên sẽ không với tới được thị trường trong vòng ít nhất là 25 năm nữa.

Các vấn đề quyết định sự phát triển biogerontechnology

Nhìn từ triển vọng nghiên cứu, lĩnh vực công nghệ biogerontechnology có một nền tảng rộng lớn các cổ đông cam kết xúc tiến nghiên cứu y sinh nhằm cải thiện sức khỏe ở tuổi già. Mặc dù có nhiều nhánh nghiên cứu đã được hình thành và tiềm năng thương mại của nó vẫn còn là sự suy đoán, phần lớn hoạt động nghiên cứu đã được các cơ quan chính phủ chính thức phê duyệt, như các Viện Y học Quốc gia ở Mỹ hay Hội

đồng Nghiên cứu Y học tại Anh đang tài trợ cho nghiên cứu tại các trường đại học, các tổ chức nghiên cứu công và tư nhân. Mức tài trợ công hiện vẫn còn thấp và các tổ chức từ thiện tư nhân và các doanh nghiệp xã hội hiện đang đóng một vai trò lớn trong việc hỗ trợ và thúc đẩy lĩnh vực nghiên cứu này. Các nhà từ thiện có khả năng đầu tư mạo hiểm với mối quan tâm nhằm thúc đẩy sự gia tăng tài trợ cho lĩnh vực này có thể kể tên như: Paul Allen, Richard Branson, Larry Ellison và Steve Jobs. Tất nhiên, bản chất lý thuyết và thường có tính suy đoán của nghiên cứu cũng có nghĩa là lĩnh vực này có một tỷ lệ khá lớn những người đề xuất, đại diện cho quan điểm cực đoan và hoạt động trong các tổ chức của cộng đồng khoa học và các lĩnh vực công nghệ.

Nếu lợi ích của nghiên cứu được thể hiện ở các sinh vật mẫu và tái tạo ở con người, thì biogerontechnology có thể sẽ được coi như không có gì khác biệt với các lĩnh vực y học khác vốn đang tìm kiếm để đạt tới khả năng điều khiển và cải thiện được trạng thái sức khỏe của con người. Khả năng kiểm chế được tỷ lệ tử vong và mắc bệnh tật sẽ tạo nên những lợi ích to lớn về mặt tài chính đối với hệ thống chăm sóc sức khỏe, điều này sẽ chi phối việc áp dụng các kế hoạch bồi hoàn lại và hỗ trợ cho sự nhanh chóng được chấp nhận thị trường. Người tiêu dùng cũng sẽ được hỗ trợ khi họ muốn tìm kiếm những phát triển về thẩm mỹ và gia tăng sức khỏe trong cuộc sống. Nhưng thách thức đặt ra sẽ là việc phải hiểu được làm thế nào để áp dụng và điều khiển công nghệ biogerontechnology trong xã hội theo cách có thể kiểm soát và có trách nhiệm. Việc giám sát và hiểu được quan điểm của công chúng sẽ là điều quyết định trong việc hình thành các phản ứng chính sách, chi phối mức đầu tư cho nghiên cứu, cơ sở hạ tầng pháp lý về bảo hộ sở hữu trí tuệ và các quy định thị trường liên quan đến vấn đề an toàn và định giá trị.

Phạm vi rộng lớn các cổ đông không nghi ngờ gì sẽ được lôi cuốn để tham gia vào một phạm vi rộng các vấn đề:

- Các nhóm quan tâm chính sách công sẽ yêu cầu các nhà lập pháp đề cập đến vấn đề cơ hội tiếp cận và kiểm soát các nhu cầu về công nghệ biogerontechnology cần được quy định rõ nhằm đảm bảo cơ hội thuận lợi và công bằng cho từng người và mọi thành viên trong xã hội.
- Các nhà môi trường có thể đặt câu hỏi về giá trị xã hội của biogerontechnology liên quan đến các thách thức khác về dân số và sự bền vững và bên cạnh đó là khả năng dung chứa của trái đất để có thể duy trì một lượng dân số gia tăng khi mà tuổi thọ tăng lên.
- Các nhà đạo đức sinh học sẽ tranh cãi công khai về các vấn đề nhằm vào việc giải quyết những khác biệt xung quanh việc đâu là nơi mà sự điều tra y sinh kết thúc và là nơi vấn đề đạo đức bắt đầu liên quan đến các công cụ và mục tiêu của biogerontechnology.
- Các nhà biện hộ xã hội có thể có động cơ để khuấy động sự công kích công chúng xung quanh các vấn đề liên quan đến các tác động của biogerontechnology đến các quan điểm và giá trị tâm linh, sự tiến hóa và việc tình nguyện chấm dứt sự sống.

- Các nhà nghiên cứu lý thuyết sẽ tìm kiếm các nghiên cứu liên quan đến việc thời điểm bắt đầu già hóa chậm lại sẽ ảnh hưởng thế nào đến các nhận thức về chất lượng của các biện pháp sống, các nguyện vọng xã hội và các sở thích trong lối sống liên quan đến đạo đức, văn hóa, xã hội, tài chính, tiêu dùng và chính trị.
- Các nhà hoạch định chính sách sẽ phải hiểu được các vấn đề về dân số truyền thống sẽ bị tác động như thế nào, những thay đổi gì trong các lựa chọn sinh sản có thể phát sinh và tỷ lệ sinh đẻ sẽ bị tác động như thế nào.
- Các nhà lập pháp có thể phải giải quyết với khoa học đạo đức, bảo vệ công chúng trước các mưu đồ bất lương yêu sách về lợi ích chống già hóa, cũng như các đạo lý hoạt động do các nhóm kém ưu thế trong xã hội khởi xướng như những người extropians (vị tiến hóa) và transhumanists (vị tiến bộ con người).
- Các nhà kinh tế sẽ muốn hiểu được tác động đối với chỉ tiêu cho chăm sóc sức khỏe, tác động của việc tăng cường sức khỏe và tuổi thọ đến tăng trưởng GDP và các chi phí kinh tế bổ sung thêm từ việc người dân sống khỏe mạnh hơn và lâu hơn.
- Ngành công nghiệp sẽ tìm cách hiểu được hành vi của nhóm người tiêu dùng già hơn sẽ trở nên khác biệt như thế nào liên quan đến những sở thích về các phương tiện truyền thông, các hoạt động lúc rảnh rỗi, giao thông và giải trí và tác động của các xu thế sức khỏe và tuổi thọ đến năng suất lao động và đổi mới.

Các hạng mục cần xem xét

Một số lĩnh vực không chắc chắn cần giám sát và hiểu rõ hơn tác động của chúng tới công nghệ biogerontechnology, như sau:

Sự công nhận giá trị của nghiên cứu về con người: Tri thức khoa học chi phối khám phá và hỗ trợ phát triển sản phẩm còn hạn chế. Các nghiên cứu về động vật được thực hiện cho đến nay tạo điều kiện tương đối dễ dàng cho việc nghiên cứu các cơ chế sinh học của sự già hóa. Tuy nhiên, chỉ có các nghiên cứu thực sự ở con người mới có thể quyết định liệu những tương đồng với con người ở các gen được xác định ở các mẫu hình động vật có cùng ảnh hưởng tương tự hay không. Việc hiểu được quá trình già hóa và đánh giá tính hiệu lực lâm sàng của các liệu pháp chống già hóa đang đặt ra một thách thức độc nhất vô nhị, bởi vì các dấu chuẩn sinh học được dự đoán sẽ thay đổi theo mức độ già hóa và sự tương quan với tuổi thọ là không tồn tại.

Phát triển thử nghiệm lâm sàng: Quá trình đánh giá nghiên cứu ở con người sẽ trở nên phức tạp hơn do thiếu các cơ sở pháp lý và nguồn tài trợ của chính phủ. Quan điểm của FDA, theo đó cho đến nay vẫn chưa công nhận sự già hóa như một căn bệnh và sẽ không phê chuẩn các sản phẩm có khả năng làm tăng tuổi thọ, yêu cầu các công ty cần phải nhằm mục tiêu vào việc chữa trị những căn bệnh cụ thể. Sự có được các dấu hiệu sinh học tiêu chuẩn hóa như là những công cụ nhận dạng về mức độ già hóa sinh học, các dấu hiệu báo trước về tuổi thọ và các vật chỉ thị về khả năng dễ bị mắc các bệnh liên quan đến tuổi già có thể là điều kiện tiên quyết về một sự thay đổi ở quan điểm.

Tài trợ nghiên cứu: Kinh phí chi tiêu của các tổ chức công và các nhà đầu tư tư nhân vẫn còn nhỏ so với tổng số tiền được chi bởi cộng đồng nghiên cứu y sinh về các căn bệnh cụ thể như bệnh ung thư chẳng hạn. Tính chất hợp thời của nghiên cứu và phát triển sẽ bị tác động mạnh bởi khả năng có được nguồn tài trợ cho nghiên cứu sinh học về già hóa. Một sự cam kết chính trị mạnh mẽ đối với việc tài trợ cho nghiên cứu cơ bản sẽ là yếu tố xúc tác quan trọng chi phối những tiến bộ trong lĩnh vực này. Ngoài các nguồn tài trợ công truyền thống cho nghiên cứu cơ bản, còn có các tổ chức từ thiện và các doanh nghiệp xã hội cũng có thể đóng vai trò to lớn trong việc tài trợ cho hoạt động R-D khoa học và công nghệ chống già hóa.

Nghiên cứu liên ngành: Sự già hóa có lẽ không phải là kết quả của bất kỳ một cơ chế cá thể nào, mà đó là sự kết hợp hành động của các quá trình khác nhau. Kết quả là một lĩnh vực nghiên cứu cá thể khó có thể tạo nên những đột phá để dẫn đến sự thay đổi mang tính cách mạng, mà đúng hơn đó phải là sự hội tụ của các công nghệ thông báo cho nhau và chi phối lẫn nhau. Khả năng có được một môi trường nghiên cứu cho các nhà nghiên cứu có thể hợp tác với nhau trong các lĩnh vực đa ngành theo cách thức hỗ trợ chia sẻ sự hiểu biết và sự hội tụ công nghệ sẽ dẫn đến những thấu hiểu khoa học và đổi mới công nghệ dẫn đến những đột phá về biogerontechnology.

Cơ cấu chính sách và luật pháp: Các chính phủ không tài trợ trực tiếp hoặc hỗ trợ một cách trọn vẹn cho nghiên cứu trong lĩnh vực này, cũng giống như cách mà chính phủ Mỹ thực hiện đối với nghiên cứu tế bào gốc phôi người, có thể dẫn đến việc các nước sẽ hạn chế các hoạt động nghiên cứu hoặc bị mất đi các nguồn lực quyết định do sự thu hút các nghiên cứu then chốt và các nhà nghiên cứu đến các nước cởi mở hơn và ít quy định nghiêm ngặt hơn. Các vấn đề về đạo đức, luật pháp và xã hội cũng có thể tác động như sự kiềm hãm đối với việc nhanh chóng được chấp nhận thị trường. Quy định của chính phủ nhằm cân đối giữa lợi ích thương mại với mối quan tâm và những phản đối của công chúng để cho phép các ứng dụng thị trường của công nghệ biogerontechnology và trong một vài hoàn cảnh có thể là điều cần thiết.

Quá trình thương mại hóa công nghệ y sinh: Các công ty vệ tinh của các trường đại học là những nguồn thương mại kết quả khoa học có khả năng nhất. Nhưng bản chất của nghiên cứu và lịch trình tài trợ cho thấy nhiều công ty dễ trở thành nạn nhân của sự thiếu hụt tài trợ. Do tỷ lệ thất bại thương mại cao vốn dĩ đã là dấu hiệu phân biệt của lĩnh vực công nghệ sinh học, các công ty có thể giảm nhẹ khả năng thất bại thông qua các chiến lược sáng chế và kế hoạch đầu tư. Các kinh doanh mạo hiểm đã chứng tỏ sự thành công trong nghiên cứu chống lão hóa, chúng cần được chuẩn bị để có được các cam kết nguồn lực quan trọng liên quan đến các thử nghiệm lâm sàng để đánh giá giá trị của khoa học chống già hóa và những yêu cầu đạo đức sinh học đi kèm.

Các mốc định hướng phát triển

Việc xác định các vấn đề quan trọng quyết định sự phát triển của công nghệ biogerontechnology và sự hiểu được tính không chắc chắn của các hạng mục cần giám sát sẽ giúp chúng ta hiểu tốt hơn về động lực tiềm năng của sự phát triển và áp dụng

mà chúng ta có thể thấy trong tương lai. Ý nghĩa gia tăng nhận thức là điều cần thiết, bởi vì nước Mỹ sẽ cần hình thành một chính sách và hành động trước khi bằng chứng rõ ràng về các động lực, rào cản và định hướng xúc tiến biogerontechnology trở nên rõ ràng. Việc chuẩn bị cho một hệ thống watch-and-respond (theo dõi và phản ứng) là điều cần thiết để xác định các điểm mốc sẽ cho biết một tiến bộ của công nghệ này có diễn ra nhanh hay không. Những giai đoạn phát triển dưới đây dường như sẽ xảy ra ở những năm giả thiết, và những kết quả của chúng sẽ tác động mạnh mẽ đến hiện trạng công nghệ biogerontechnology. Sự xuất hiện của chúng sẽ chỉ ra rằng các vấn đề và khả năng không chắc chắn nêu trên đang được giải quyết theo hướng phát triển và ứng dụng tích cực của công nghệ biogerontechnology:

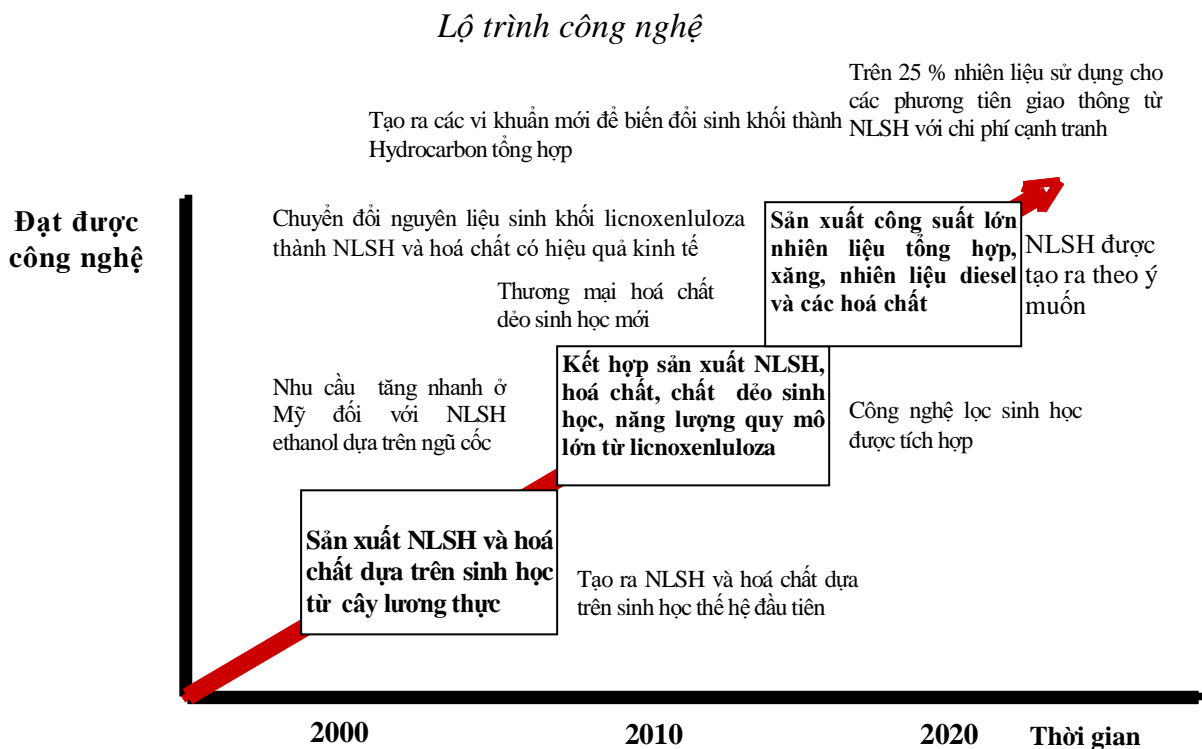
- 2010 - chính phủ Mỹ khởi xướng xúc tiến nghiên cứu lớn nhằm nghiên cứu cơ sở sinh học của sự già hóa và cam kết đầu tư 1 tỷ USD mỗi năm trong vòng 10 năm tới.
- 2013 - Xúc tiến nghiên cứu của Mỹ dẫn đầu các khởi xướng tương tự với nguồn kinh phí cạnh tranh của các nước EU, Nhật Bản, Trung Quốc, Ấn Độ và Nga.
- 2015 - Các công trình nghiên cứu khoa học cung cấp chứng cứ ban đầu rằng tuổi thọ của con người có thể kéo dài thông qua sự hiểu biết và tác động đến các quá trình sinh học.
- 2018 - Các đột phá khoa học tiếp theo đạt được với tốc độ nhanh chóng trên toàn cầu và nảy sinh nhiều mối quan tâm xung quanh các tác động của sự bùng nổ dân số.
- 2020 - Sự phát triển các loại thuốc chống già hóa bắt đầu bước vào giai đoạn phát triển lâm sàng với các sản phẩm đầu tiên được dự kiến sẽ đến với thị trường sau năm 2030.
- 2025 - Đơn xin cấp phép đầu tiên để được phép lưu hành trên thị trường về một phương pháp trị liệu dựa trên cơ sở tế bào gốc phôi người được đệ trình lên Cơ quan Thực phẩm và Dược phẩm Mỹ.
- 2027 - Tuổi thọ trung bình của dân Mỹ vào năm 2025 sẽ là 85 tuổi và có những dấu hiệu cho thấy biogerontechnology có thể làm tăng tuổi thọ trung bình lên 89 tuổi vào năm 2050.
- 2030 - Đơn xin cấp phép đầu tiên để được phép lưu hành thị trường một loại thuốc chống già hóa sẽ được đệ trình lên Cơ quan Dược phẩm và Thực phẩm Mỹ.

Với lịch trình thời gian mà những phát triển trên có khả năng xảy ra, một số mốc cụ thể sẽ rất quan trọng cần được quan sát và giám sát ở tầm cỡ toàn cầu với mục đích là để hiểu được định hướng và tốc độ tiến bộ trên toàn cầu của lĩnh vực này, điều có thể ảnh hưởng đến sự phản ứng của Mỹ gồm:

- Bằng chứng khoa học có thể khẳng định hoặc phản đối các lý thuyết già hóa hiện thời
- Mức độ tài trợ của các xu thế nghiên cứu công toàn cầu liên quan đến nghiên cứu biogerontechnology

- Sự thành lập các trung tâm nghiên cứu xuất sắc biogerontechnology không phải của Mỹ
- Các mô hình nghiên cứu khoa học và thương mại hóa công nghệ thành công sớm
- Độ lớn và bản chất của đầu tư cho biogerontechnology trên toàn thế giới
- Sự bày tỏ quan điểm về các vấn đề đạo đức và ý nghĩa thực tiễn của nghiên cứu biogerontechnology
- Sự tuân thủ theo các cơ cấu luật pháp quy định đối với nghiên cứu và thương mại hóa
- Tác động của nghiên cứu khoa học và các ứng dụng đến quan điểm của công chúng.

1.2. Công nghệ nhiên liệu sinh học và hóa chất dựa trên sinh học



Tại Mỹ, châu Âu và Brazil, thị trường nhiên liệu sinh học (NLSH) phát triển rất mạnh nhờ sở hữu những công nghệ chế tạo nhiên liệu sạch thế hệ đầu: sản xuất ethanol từ ngô và mía; sản xuất diesel sinh học từ hạt cải và đậu nành. Để duy trì phát triển bền vững trong tương lai đối với các loại nhiên liệu sinh học chủ đạo đang trong giai đoạn nghiên cứu và phát triển hiện nay, cần phải xây dựng quy trình sản xuất thế hệ thứ hai cho phép tạo ra nhiên liệu sạch cho hiệu quả năng lượng cao và không gây cạnh tranh với chuỗi thức ăn dành làm nguyên liệu. Quy trình thế hệ thứ hai tập trung

vào chuyển đổi các nguồn nguyên liệu chứa lignocellulosic, bao gồm dư lượng nông phẩm và cây lâm nghiệp như thân rạ ngô, rơm rạ, rơm lúa mì và bã mía và các loại cây năng lượng sinh học phi lương thực như cỏ, cây dương và cỏ Miscanthus (cỏ voi). (Giải thích thuật ngữ: Lignocellulose là sinh khối phổ biến nhất, gồm 3 loại polymer chính: xenluloza, hemixenluloza và lignin. Thông thường, ethanol xenluloza được điều chế từ lignocellulose).

Tiềm năng kinh tế hiện tại vẫn chưa đủ mạnh để tạo điều kiện tốt nhất cho phát triển công nghệ sản xuất ethanol xenluloza. Bộ Năng lượng Mỹ (DOE) - vốn lâu nay ủng hộ công nghệ chuyển hóa lignocellulose R&D - đang nỗ lực giúp đưa nhiên liệu sinh học về mức giá cạnh tranh với xăng dầu từ nay đến 2012 bằng cách hỗ trợ 2 công nghệ thay thế mới cho các công nghệ nền tảng đã có:

- *Nền tảng hóa sinh hoặc đường*: phụ thuộc vào quá trình thủy phân chua hoặc thủy phân enzym của lignocellulose để tạo ra đường, cho lên men và điều chế thành ethanol.
- *Nền tảng nhiệt hóa học*: sử dụng khí hóa của sinh khối để tạo ra khí tổng hợp (syngas), sau đó lên men hoặc chuyển hóa xúc tác thành rượu.

Mỹ đồng thời cũng đang nỗ lực xây dựng hệ thống các nhà máy lọc sinh học phục vụ cho yêu cầu sản xuất nhiên liệu sinh học, hóa chất, điện lực và các chế phẩm giá trị cao khác từ lignocellulosic thay vì từ dầu mỏ. Được DOE tài trợ, các doanh nghiệp năng lượng đã thành lập trước đây và các dự án công nghệ mới khởi động đang nỗ lực phát triển các công nghệ mới. Năm 2007, DOE đã giành được quyền xây dựng 6 nhà máy lọc sinh học kích thước thực đầu tiên tại Mỹ, có nhiệm vụ kích thích tiềm năng kinh tế cho đến 2012. DOE cũng lên kế hoạch trợ cấp thêm 200 triệu USD trong vòng 5 năm để phát triển các nhà máy lọc sinh học ethanol xenluloza quy mô nhỏ nhằm mục đích thử nghiệm các nguyên liệu và công nghệ sản xuất mới và 375 triệu USD cho 3 trung tâm năng lượng sinh học mới. Trung tâm Nghiên cứu Năng lượng sinh học sẽ tập trung nghiên cứu các phương pháp mới, hiệu quả hơn cho sản xuất ethanol xenluloza và các loại nhiên liệu sạch khác.

Diezel sinh học là một loại nhiên liệu sạch ngày càng phổ biến trên toàn cầu, được tinh chế từ tinh dầu thực vật như hạt cải dầu, đậu nành, dầu cọ và các loại dầu thải. Cây cọc rào - một loài cỏ dại sống tại các vùng đất khô cằn - cũng là một trong những nguyên liệu được quan tâm nhiều tại Ấn Độ và một số quốc gia khác. Thông thường, một quy trình sản xuất diezel sinh học truyền thống chỉ chuyển hóa được chưa đầy 10% sinh khối của thực vật khô. Do đó, việc nghiên cứu các công nghệ mới, hiệu quả hơn là rất cần thiết. Tập đoàn Choren Industries GmbH (Freiberg, Đức) đang phát triển một công nghệ sinh-khôi-lỏng mới (biomass-to-liquids BTL) hoạt động dựa trên sự khí hóa sinh khối ở nhiệt độ cao đi kèm với quá trình Fischer Tropsch để tạo ra diezel sinh học tổng hợp cao xetan. Hiện nay, tảo biển đang là nguồn nguyên liệu sinh học đầy tiềm năng cùng nhiều lợi ích quan trọng khác nhờ sở hữu một lượng dầu tương đối. Vì tảo tăng trưởng cao có thể cung cấp 50% lượng dầu của nó cho quá trình chuyển hóa

diezel sinh học. Tảo có thể sinh sống trên vùng đất biên hoặc trong nước, do đó không gây nên sự cạnh tranh về thức ăn với các loại cây trồng khác. Do chi phí dành cho nghiên cứu tinh chế nhiên liệu sinh học từ tảo vẫn còn rất cao, các công ty mới thành lập cùng các phòng thí nghiệm quốc gia của DOE đang phát triển các phương pháp tảo-đền-diezel mới.

Ngoài ra, các loại nhiên liệu sạch mới cũng rất được chú trọng phát triển. Butanol sinh học đang thu hút nhiều quan tâm của nhiều công ty vì so với ethanol – nhiên liệu hàng đầu hiện nay tại Mỹ - butanol có nhiều lợi ích hơn hẳn: năng lượng cao hơn và đặc tính vận hành tốt hơn. Công ty BP Biofuels đang tiến hành hợp tác với DuPont trong nỗ lực phát triển và thương mại hóa butanol sinh học. Quá trình lên men butanol sinh học bước đầu sẽ sử dụng xúc tác sinh học của Dupont và công nghệ quy trình sinh học sử dụng đường củ cải có tại địa phương. BP và DuPont đồng thời cũng đang phát triển một quy trình sản xuất thế hệ 2 sử dụng thêm nhiều xúc tác sinh học và khả năng xử lý nguyên liệu lignocellulose tốt hơn.

Những đột phá trong sản xuất ethanol xenluloza và các loại nhiên liệu sạch hoàn toàn mới có thể đạt được trong lĩnh vực sinh học tổng hợp. Một vài công ty mới thành lập đang sử dụng các kỹ thuật sinh tổng hợp để tạo ra nhiên liệu hydrocarbon tái tạo tương tự như nhiên liệu dầu mỏ hiện nay và hoàn toàn phù hợp với cơ sở hạ tầng nhiên liệu đã có trước đó.

Các nhà nghiên cứu đang nghiên cứu phương thức tạo ra vi khuẩn bằng cách kết hợp mọi con đường di truyền từ các loại vi khuẩn và động thực vật khác. Công ty Synthetic Genomics (Rockville, Maryland) đang cố gắng tạo ra một “sinh vật tổng hợp” kỹ thuật cao, vừa có khả năng phân hủy xenluloza như vi khuẩn, lên men đường như nấm men, vừa có thể sản sinh ra một lượng đáng kể ethanol. Nhằm cải thiện các đặc tính của nhiên liệu ethanol, 2 công ty mới thành lập Amyris Biotechnologies, Inc. (Emeryville, California), và LS9, Inc. (San Carlos, California) đều đang hướng tới thị trường nhiên liệu “thay đổi cấu trúc”. Amyris tập trung vào nhiên liệu diezel cải tiến và nhiên liệu phản lực; LS9 tập trung vào nhiên liệu phản lực, xăng sinh học tỉ lệ lưu hùynh thấp và các loại chất sinh hóa học đặc biệt. Dù còn đang trong giai đoạn nghiên cứu, hai công ty hy vọng sẽ đưa những sản phẩm này ra thị trường trong vòng 4-5 năm tới. Những thách thức về công nghệ bao gồm cả nhu cầu bức thiết sản xuất các loại nhiên liệu sinh học mới với số lượng lớn.

Hiện nay, trên thị trường đã xuất hiện một số lượng lớn các hóa chất sinh học như nhựa sinh học polylactic acid (PLA) tinh chế từ ngô; một số sản phẩm phụ khác dự kiến sẽ được thương mại hóa trong vài năm tới. Kế hoạch phát triển dài hạn hơn tập trung vào việc sử dụng nguyên liệu lignocellulosic giá thành thấp từ các loại cây riêng lẻ hoặc từ các nhà máy lọc sinh học tương lai. Tập trung sản xuất các khối kiến trúc hóa học giá trị cao và polymer sinh học chính là chìa khóa thành công của các nhà máy này.

Các công nghệ hỗ trợ

Đối với các công nghệ hóa sinh, trọng tâm của một R&D chính là cải thiện công tác tiền xử lý cho quá trình phân hủy hemixenluloza thành đường và phát triển thêm các

enzyme xenluloza hiệu quả cao làm xúc tác sinh học để phân hủy xenluloza thành đường. Ngoài ra một chìa khóa khác thúc đẩy công nghệ phát triển là tập trung tạo ra các vi sinh vật và enzyme có khả năng chuyên đổi một cách hiệu quả các loại rác thải xenluloza phức tạp thành đường đơn giản và sau đó thành ethanol hoặc khối kiến trúc hóa học. Nguyên liệu lignocellulose gồm đồng thời cả đường pentoza chứa 5 cacbon (D-xylose và L-arabinose) và đường 6 cacbon (glucose, mannose và galactose). Để tiết kiệm chi phí cho quá trình sản xuất, cần phải lên men thật nhanh tất cả 5 loại đường trên, tuy nhiên việc chuyển hóa đường pentoza nói riêng sẽ không hề dễ dàng nếu chỉ dựa vào những loại nấm men thông dụng dùng trong sản xuất ethanol hiện nay. Đối với công nghệ nhiệt hóa học, phần lớn mối quan tâm của R&D hiện tại là sản xuất khí tổng hợp và sử dụng khí đó tạo ra nhiên liệu và các sản phẩm có giá trị khác. Các nhà phát triển công nghệ cũng đang nỗ lực đưa quy trình chuyển đổi tổng hợp mới vào ứng dụng thực tiễn tại các vùng nông thôn.

Ảnh hưởng của tiến bộ khoa học đối với công nghệ tiềm tàng

Việc tăng giá các loại nông phẩm như ngô, đường, bột mì và dầu hạt cải và cơ sở hạ tầng không hợp lý đang gây cản trở nghiêm trọng đến việc thông thương các loại nhiên liệu sinh học thế hệ đầu mặc dù Mỹ và chính phủ các nước luôn đánh dấu mục tiêu phát triển nhiên liệu sinh học đầy tham vọng nhằm giảm thuế nhập khẩu dầu và giảm phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính. Sự phát triển và bổ sung chuyển hóa lignocellulose và công nghệ lọc sinh học có thể giúp tạo ra một loạt nhiên liệu sạch và các sinh hóa phẩm mới có mức giá cạnh tranh hơn (không có trợ cấp của chính phủ) so với các sản phẩm và nhiên liệu từ dầu mỏ - đặc biệt nếu giá dầu thô vẫn giữ mức trên 50USD/thùng - trong khoảng thời gian 2010-2015. Nhiên liệu sạch và sản phẩm biến đổi gen tương lai cũng góp phần cải thiện các đặc điểm và thuộc tính môi trường bao gồm cả đặc tính dễ phân hủy do vi khuẩn.

Phối hợp công nghệ

Một nền kinh tế năng lượng sinh học có quy mô phải dựa vào các công nghệ kỹ thuật di truyền và thực tiễn nông nghiệp để tăng năng suất sinh khối và giá thành các loại nông phẩm. Thu hoạch mùa màng, thu thập dư lượng sinh khối, tích trữ và vận chuyển các nguồn sinh khối là các khâu quan trọng của chuỗi cung ứng sinh khối nguồn. Hệ thống xử lý sinh khối cũng rất quan trọng, chiếm một phần vốn và chi phí hoạt động đáng kể của cơ sở chuyển đổi sinh khối. Ví dụ, rơm rạ có rất nhiều xơ và rất khó xử lý.

Bên cạnh những cải tiến về xúc tác sinh học, công nghệ lọc sinh học tổng hợp mới còn cần phải có kỹ thuật xử lý sinh học mới và các phương pháp tách với chi phí thấp. Ngoài ra, việc thiết kế các thiết bị phản ứng sinh học (bioreactor) cũng là một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng cần quan tâm để đạt được hiệu quả xử lý tối ưu.

Phương hướng ứng dụng và khởi tạo cơ sở hạ tầng cho NLSH và sinh hóa chất

Các loại NLSH tương lai của Mỹ cùng những tính năng sản xuất sinh hóa chất sẽ đa dạng hơn về mặt địa lý so với nhiên liệu và nhựa sinh học thực vật đang nổi và được

trồng chủ yếu tại các khu vực nông nghiệp miền Trung Tây hiện nay. Các nhà máy lọc sinh học tổng hợp trên nền rác thải nông nghiệp và nhiều nguyên liệu sinh khối lignocellulose khác sẽ sử dụng những nguồn có sẵn tại địa phương để sản xuất nhiên liệu sạch và các loại sản phẩm sinh thái khác. Sáu nhà máy lọc sinh học sau được DOE hỗ trợ sẽ có vị trí và các phương thức sản xuất khác nhau:

- Nhà máy Abengoa Bioenergy (Chesterfield, Missouri) sẽ mở chi nhánh tại Kansas với năng suất xử lý 700 tấn/ngày các loại rơm thân ngô, rơm lúa mạch, cỏ voi và các nguyên liệu khác cho sản lượng mỗi năm 11,4 triệu galông ethanol xenluloza và khí tổng hợp.
- Nhà máy Alico Inc. (LaBelle, Florida) sẽ điều chế mỗi ngày 770 tấn gỗ và rác thải thực vật như vỏ chanh. Tổng sản lượng hàng năm ước tính đạt 13,9 triệu galông ethanol xenluloza, 6255kW điện, 50 tấn amoniac và 8,8 tấn hydro/ngày.
- Nhà máy BlueFire Ethanol, Inc. (Irvine, California) mỗi ngày sẽ chuyển hóa 700 tấn chất thải sinh học và gỗ rác thải từ một bãi rác đô thị Nam California để sản xuất 24 triệu galông ethanol xenluloza mỗi năm.
- Nhà máy Poet Design & Construction (Sioux Falls, Nam Dakota) đảm nhiệm chuyển một nhà máy ethanol hiện hành tại Iowa thành nhà máy lọc sinh học, năng suất xử lý 842 tấn ngô sọ và rơm/ngày để sản xuất 26,4 triệu galông ethanol/năm.
- Hãng Iogen Biorefinery Partners, LLC (Arlington, Virginia) sẽ đưa vào hoạt động một nhà máy lọc sinh học tại Idaho với năng suất một ngày 700 tấn rơm lúa mì, mạch, rơm ngô, cỏ voi và rơm rạ để sản xuất 18 triệu galông ethanol xenluloza mỗi năm.
- Hãng Range Fuels Inc. (Broomfield, Colorado) sẽ khai trương một nhà máy điện tại bang Georgia với nhiệm vụ chuyển đổi 1200 tấn gỗ dư và các loại cây trồng năng lượng để sản xuất khoảng 400 galông ethanol và 9 triệu galông methanol/năm.

Những sản phẩm và dịch vụ bị ảnh hưởng hiện thời

Nhiên liệu sạch hiện nay gồm có ethanol và diesel sinh học, là loại nhiên liệu phổ biến nhất được pha trộn với xăng và diesel thông thường. Ethanol hỗn hợp điển hình nhất tại Mỹ là E-10 (10% ethanol) và E-85 (85% ethanol), trong đó sức tiêu thụ E-85 ngày càng tăng do ảnh hưởng của tăng giá xăng và những chính sách nhà nước cho phát triển NLSH. Tuy nhiên, ethanol sinh học lại bị hạn chế phân phối - nó không phải là loại nhiên liệu có thể vận chuyển được do công đoạn pha trộn với nước rồi vận chuyển bằng đường sắt và xe tải đến điểm pha trộn cuối khiến việc cung cấp chuỗi nguyên liệu trở nên phức tạp. Hiện chỉ có một tỉ lệ nhỏ phương tiện giao thông tại Mỹ sử dụng nhiên liệu E-85, tuy nhiên tỉ lệ này đang ngày một tăng lên. Mặc dù vậy, Mỹ vẫn cần thêm nhiều xe sử dụng nhiên liệu phức hợp và thêm nhiều trạm nhiên liệu E-85. Hiện tại Mỹ chỉ có 1100 trong số 170.000 trạm nhiên liệu phân phối E-85. Do vậy, Brazil là quốc gia duy nhất sở hữu hệ thống cơ sở hạ tầng tại chỗ cho phát triển NLSH và tỷ lệ xe chạy động cơ FFV cao. Tại

quốc gia này, tất cả các mặt hàng xăng bán ra đều có tỉ lệ pha trộn ethanol 20 - 25%, nhiều lái xe còn sử dụng nhiên liệu E-80 thay cho E-85.

Diezel sinh học là loại nhiên liệu phổ biến nhất tại các nước châu Âu và đang nhanh chóng lan rộng trên lãnh thổ Mỹ và Brazil. Diezel sinh học đạt chuẩn phải được pha trộn với diezel xăng dầu theo tỉ lệ từ 2 - 10% (B2 và B10). Ưu điểm vượt trội của diezel sinh học là nó có thể sử dụng được ở dạng tinh khiết (B100) thường dành cho các động cơ diezel, hoặc có thể sử dụng trên nền tảng nhiên liệu diezel hiện có. Nhiều nhà máy hóa chất đang hướng tới sản xuất nhựa sinh học và các sản phẩm sinh học đang nổi khác tại các thị trường tiềm năng. Hãng NatureWorks hiện là nhà cung cấp 90% mặt hàng nhựa phân hủy sinh học PLA từ ngô cho thị trường thế giới cũng đang hướng tới sử dụng nguyên liệu lignocellulose giá rẻ cho kế hoạch phát triển dài hạn hơn. Mặc dù có giá thành cao hơn so với nhựa thông thường nguồn gốc xăng dầu, PLA vẫn được sử dụng rộng rãi làm bao bì đóng gói sản phẩm và nhiều ứng dụng khác.

Lợi ích tiềm năng từ NLSH và sinh hóa chất

Các thị trường mục tiêu và khách hàng nhắm đến của các loại nhiên liệu sạch trong tương lai là những người tiêu dùng, doanh nhân và các cơ quan chính phủ hiện đang sử dụng phương tiện chạy nhiên liệu hóa thạch thông thường. Đa số khách hàng này bị phụ thuộc vào khả năng kinh tế - do đó, NLSH phải có mức giá cạnh tranh với giá xăng dầu và nhiên liệu diezel. Ethanol tuy sẽ là nhiên liệu chính ở Mỹ nhưng vẫn bị hạn chế trong khâu phân phối và khả năng tạo năng lượng không cao so với xăng dầu. Ethanol xenluloza cũng gặp phải những hạn chế này nhưng giá thành có thể thấp hơn trong tương lai. Các loại nhiên liệu sạch như diezel sinh học (butanol sinh học và hydrocarbon tổng hợp) thường dễ thích nghi với cơ sở hạ tầng nhiên liệu hiện nay hơn. Các đặc tính của NLSH tương lai - ví dụ như xăng tổng hợp tỉ lệ lưu huỳnh thấp - có thể được tối ưu hóa để nâng cao hiệu suất và chất lượng.

Sinh hóa chất và nhựa sinh học từ các nguồn tái tạo cũng có nhiều ưu điểm: thân thiện với môi trường, tạo ra nhiều sản phẩm và các quy trình sản xuất hiệu quả hơn, ít phụ thuộc vào giá dầu thô và khí đốt lỏng tự nhiên để tạo ra năng lượng và làm nguyên liệu. NatureWorks cho biết quy trình sản xuất nhựa PLA của hãng giúp giảm đáng kể phát thải khí CO₂ và lượng nhiên liệu hóa thạch cần thiết so với các quy trình sản xuất nhựa sử dụng nhiên liệu hóa thạch thông thường. Gần đây nhất, hai hãng DuPont và Tate & Lyle (London, Anh) đã bắt đầu sản xuất polymer PDO từ ngô (1,3-propanediol) bằng cách lên men đường ngô tại Loudon, Tennessee. DuPont Tate & Lyle cho biết việc sản xuất PDO sinh học tiêu thụ năng lượng ít hơn 40% và còn giảm 20% lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính so với nguyên liệu hóa dầu. PDO sinh học có độ tinh khiết cao, ít gây kích thích hơn do đó được dùng thay thế cho các thành phần trong sản phẩm vệ sinh cá nhân và mỹ phẩm. PDO sinh học cũng đang dần thay thế quy trình sản xuất PDO từ hóa dầu của DuPont và là nhân tố chính làm nền tảng cho polymer Sorona (polytrimethylene terephthalate) cũng của DuPont, được ứng dụng rộng rãi trong ngành chế tạo ô tô, kỹ thuật polymer, sợi và lớp phủ.

Thời gian

Trong vài năm tới, công nghệ sản xuất ethanol xenluloza và diesel sinh học mới có thể trở thành một tiềm năng kinh tế. Công nghệ lọc sinh học tổng hợp hiện đang trên đà phát triển; và để tạo ra được nhiên liệu sạch, khối hóa học căn bản, polymer sinh học và các sản phẩm khác, các nhà máy cần phải đi vào hoạt động từ nay đến 2012.

Những nhân tố quyết định sự phát triển của công nghệ NLSH và Sinh hóa chất

Thị trường NLSH đang bắt đầu phát triển tại nhiều quốc gia trên thế giới do ảnh hưởng của các yếu tố như vấn đề an ninh năng lượng, giá dầu thô tăng nhanh và quá cao, vấn đề môi trường - đặc biệt là hiện tượng biến đổi khí hậu, nhu cầu năng lượng tăng và các kế hoạch hỗ trợ kinh tế của quốc gia cùng tham vọng đi đầu về công nghệ sạch. Nhiên liệu ethanol hiện được sử dụng rộng rãi tại Brazil và Mỹ và đang bắt đầu lan rộng ra châu Âu, Trung Quốc, Canada, Colombia và các quốc gia khác. Diesel sinh học rất phổ biến tại châu Âu cũng đang phát triển nhanh chóng tại các nước như Mỹ và Brazil. Các chính sách nhiên liệu sạch của chính phủ đang phát huy tác dụng kích thích đầu tư tư nhân vào các dự án phát triển nhiên liệu sạch mới.

Vài năm trở lại đây, NLSH ngày càng được sử dụng rộng rãi bởi nhiều quốc gia hoặc đã đưa ra hoặc đã tăng cường các mục tiêu phát triển nhiên liệu sạch và các khoản trợ cấp lớn. Nước Mỹ lâu nay vẫn trợ cấp một khoản thuế tín dụng 51 xen cho 1 galông nhiên liệu ethanol, và chính quyền thời Tổng thống Bush đã đề xuất sáng kiến nhiên liệu sạch Twenty-in-Ten: tăng cường sử dụng các loại nhiên liệu tái tạo thay thế cho nhiên liệu xăng dầu nhằm giảm 20% lượng tiêu thụ xăng dầu tại quốc gia này đến 2017. Trong vòng 25 năm qua, chương trình ProAlcool của Brazil đã và đang thực hiện các nhiệm vụ pha trộn, phân phối bán lẻ theo yêu cầu, trợ cấp sản xuất và các mục tiêu khác. Kế hoạch Năng lượng Hành động mới của Hội đồng chung châu Âu đang yêu cầu cam kết ràng buộc đối với các thành viên liên bang theo đó các thành viên phải sử dụng NLSH cho 10% nhiên liệu vận tải thông thường trong năm 2010. Một tình thành tại Trung Quốc và Ấn Độ đang yêu cầu sử dụng xăng pha ethanol (gần đây Trung Quốc đã hạn chế lượng nguyên liệu sản xuất NLSH từ các loại cây phi lương thực do giá thực phẩm phân phối tăng do nhu cầu sử dụng nhiên liệu sạch cao). Các quốc gia khác cũng có cùng yêu cầu hoặc đã lên kế hoạch sử dụng NLSH bao gồm Colombia, Malaixia, Thái Lan, Nhật Bản, Cộng hòa Dominica và Philipin.

Nhiều nhà máy năng lượng dù mới thành lập hay hiện đang hoạt động đều đang hướng tới đầu tư chiến lược để tận dụng đà phát triển của thị trường NLSH rộng lớn và các cơ hội mới nổi khác. Ví dụ, hãng BP gần đây đã thông báo đầu tư một khoản tiền lớn 500 triệu USD trong vòng 10 năm để thành lập Viện Khoa học Năng lượng sạch (Energy Biosciences Institute) tại Đại học California (Berkeley) dự kiến đi vào hoạt động cuối 2007, với mục tiêu thúc đẩy sử dụng công nghệ chuyển đổi sinh khối lignocellulose trên quy mô lớn. Trước thông tin này, một số công ty kinh doanh xăng dầu cạnh tranh khác đã phản đối các chỉ tiêu sử dụng và trợ cấp dành cho NLSH.

Lợi ích về mặt nông nghiệp là những minh chứng hùng hồn nhất cho thấy việc sử dụng NLSH đang tạo các cơ hội phát triển kinh tế nông thôn. Trợ cấp nhà nước dành

cho nhiên liệu sạch cũng được đề cập với những tín hiệu tích cực. Tuy nhiên lập kế hoạch chi tiết, hợp lý là rất cần thiết cho đến khi công nghệ chuyển đổi lignocellulose đi vào thực tiễn nhằm tránh tình trạng mâu thuẫn về đất giữa một bên là trồng các loại cây năng lượng và bên kia là cây lương thực. Việc sử dụng các nguồn sinh khối trên quy mô lớn thay thế cho nhiên liệu hóa thạch tuy mang đến nhiều lợi ích nhưng đồng thời cũng gây ảnh hưởng lâu dài tới môi trường và xã hội mà con người (kể cả các nhà khoa học) cũng chưa thể lường hết. Các vấn đề phức tạp và tác động qua lại giữa chúng nảy sinh trong các quá trình trồng và thu thập nguyên liệu, cung cấp nước và các vấn đề sinh thái như tình trạng phá rừng, xói mòn, mất cân bằng đa dạng sinh học. (Ví dụ, một số nghiên cứu tại Brazil cho rằng giảm tỉ lệ phá rừng giúp giảm lượng khí thải carbon nhiều hơn là trồng mía cho sản xuất ethanol).

Tại Mỹ, sử dụng các nguồn tài nguyên sinh khối mới như chất thải từ các bãi rác trong thành phố để sản xuất năng lượng có thể tạo nên những tác động tích cực hữu hình.

Nhiều quốc gia đang phát triển rất quan tâm tìm kiếm các cơ hội phát triển kinh tế từ việc sản xuất NLSH cho xuất khẩu và sử dụng nội địa. Brazil là quốc gia có nền kinh tế nhiên liệu sạch lớn mạnh nhất hiện nay nhờ sản xuất được ethanol giá thành thấp từ đường mía và đang nuôi hy vọng trở thành quốc gia cung cấp nhiên liệu sạch chính cho các nước còn lại. Malaixia nổi tiếng về sản xuất dầu cọ cũng đang hướng tới mục tiêu sản xuất diesel sinh học tung ra thị trường quốc tế. Một vài quốc gia khác tại vùng biển Caribê, khu vực Nam Á, Trung Đông và châu Phi đang cân nhắc tiềm năng từ NLSH.

Những diễn biến, bất trắc quan trọng cần theo dõi và nắm bắt gồm có:

- *Biến đổi khí hậu*: sự bất ổn định ở đây chính là tốc độ và mức độ kích thích phát triển công nghệ nhiên liệu hàm lượng cacbon thấp từ các chính sách chính phủ. Ví dụ, hiện tượng nóng lên toàn cầu là hệ quả bước đầu từ Tiêu chuẩn Nhiên liệu thấp cacbon của California (California's Low-Carbon Fuel Standard) - yêu cầu các nhà cung cấp nhiên liệu giảm ít nhất 10% lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính do nhiên liệu giao thông vận tải đến 2020.
- *Giá cả cạnh tranh*: sự cạnh tranh về giá cả NLSH là yếu tố quyết định thành công của chúng trên thị trường. Người tiêu dùng chắc chắn sẽ nghiêng về lựa chọn nhiên liệu sạch với mức giá gần tương đương - thậm chí thấp hơn - so với giá nhiên liệu xăng dầu và diesel hiện nay. Khả năng cạnh tranh của NLSH phụ thuộc vào các công nghệ quy trình giá rẻ và mức giá dầu thô cạnh tranh. NLSH có thể sẽ tiếp tục cần trợ cấp của chính phủ để có mức giá cạnh tranh hơn trong ít nhất vài năm tới.
- *Giá dầu thô và khả năng cung cấp*: Sự bất ổn định nằm ở diễn biến giá dầu thô và khả năng cung cấp dầu. Khả năng cung cấp thêm dầu trong tương lai hầu như không được đảm bảo. Đặc biệt, thời điểm để đạt được năng suất tối đa biến động lớn, do đó có thể gây ảnh hưởng lớn đến giá dầu và làm gián đoạn nguồn

cung tiềm năng trong giai đoạn khung đến 2025. Chính mức giá dầu cao đã củng cố thêm khả năng cạnh tranh của NLSH. Ngược lại, chỉ cần một lần giảm giá trong tương lai (chẳng hạn như sản lượng dầu tăng đột biến với biên độ lớn) cũng sẽ làm giảm sức cạnh tranh của NLSH và có thể gây thiệt hại cho chính phủ trợ cấp chương trình NLSH.

- *Chính sách của chính phủ:* Trợ cấp chính phủ thể hiện dưới nhiều hình thức khác nhau. Quy mô mục tiêu, trợ cấp kinh tế và ưu đãi cấp quốc gia và địa phương trong chính sách phát triển các loại NLSH mới là một nhân tố quan trọng đánh dấu bước thành công trên thị trường.
- *Quy trình và công nghệ tiên tiến:* Quy trình công nghệ NLSH đòi hỏi phải được cải thiện đáng kể hiệu quả hoạt động, chi phí và khả năng chuyển đổi một số lượng lớn nguyên liệu lignocellulose nếu cần thiết để đáp ứng nhu cầu sử dụng rộng rãi. Những tiến bộ công nghệ sinh học sẽ là chìa khóa mở cửa thành công.
- *Nguyên liệu sẵn có/khả năng cung cấp dài hạn:* Việc sử dụng rác thải nông nghiệp và các loại cây trồng năng lượng làm NLSH và sinh hóa chất là rất cần thiết để đảm bảo khả năng cung cấp dài hạn. Để tránh các phản hồi dữ dội từ các nền công nghiệp đối kháng, các nhân công dân và các nhà môi trường học và đảm bảo nguồn nguyên liệu sẵn sàng cho tương lai, các bên liên quan phải đánh giá thực tế mọi vấn đề phức tạp của một nền kinh tế sinh học lớn mạnh, bao gồm những tác động xung quanh việc trồng và thu thập nguyên liệu, tác động đến chất lượng nước, cung cấp và tác động sinh thái như phá rừng, xói mòn và mất cân bằng đa dạng sinh học.
- *Tài trợ R&D:* Tài trợ của chính phủ - thường có liên kết với các công ty tư nhân và các trường đại học - là nguồn tài trợ R&D chính cho công tác phát triển công nghệ NLSH tiên tiến. Trợ cấp R&D của chính phủ là nguồn bổ sung hữu ích (thậm chí cần thiết) các khoản đầu tư vào các dự án thương mại ngắn hạn cho phát triển khu vực kinh tế tư nhân. Tăng kinh phí R&D có thể giúp rút ngắn quá trình triển khai NLSH ngắn hạn, cải thiện hiệu suất và tính khả thi của các công nghệ NLSH dài hạn.
- *Nhu cầu năng lượng của thế giới:* Trở ngại lớn nhất là làm thế nào thế giới - đặc biệt là các quốc gia đang phát triển như Trung Quốc, Ấn Độ - vừa có thể đáp ứng nhu cầu năng lượng cho lĩnh vực giao thông vận tải ngày một tăng của vừa phải đảm bảo thực hiện cam kết giảm lượng khí thải cacbon. Đây thực sự là một thách thức lớn đối với khả năng cung và giá nhiên liệu hiện nay.
- *Cầu tiêu dùng và khả năng phân phối nhiên liệu và cơ sở hạ tầng:* Hệ thống cơ sở hạ tầng có thể hạn chế nguồn nguyên liệu sẵn có và làm tăng giá thành nhiên liệu, do đó khả năng trở thành rào cản đối với phát triển nhiên liệu sạch là rất lớn. Để mở rộng quy mô phân phối và hệ thống cơ sở hạ tầng nhiên liệu như xăng E-85 tại Mỹ là một thách thức. Ngoài ra, mức độ chọn mua nhiên liệu sạch và các loại phương tiện sử dụng nhiên liệu linh hoạt (flex-fuel) của người tiêu dùng bất chấp mức giá có thể đắt hơn cũng là một trở ngại lớn.

Các mốc định hướng phát triển

Việc xác định những nhân tố quyết định phương hướng phát triển công nghệ NLSH và sinh hóa chất và nắm bắt được những khó khăn sẽ giúp chúng ta hiểu hơn về động thái phát triển và ứng dụng tiềm năng trong tương lai. Do đó việc nâng cao nhận thức là rất cần thiết bởi Mỹ sẽ nhanh tay xây dựng một chính sách và hành động trước khi các cản điều khiển và các rào cản bắt đầu phát huy tác động và phương hướng cải tiến các công nghệ hiện nay trở nên khả thi. Việc chuẩn bị một hệ thống "*quan sát - và - trả lời*" (Watch and Respond) đóng vai trò rất quan trọng, giúp đánh giá tiến độ cải tiến công nghệ có diễn ra nhanh chóng hay không. Những hoạt động phát triển sau đây có khả năng sẽ diễn ra gần với thời điểm tới hạn và kết quả của những hoạt động này sẽ ảnh hưởng mạnh mẽ đến vị thế của ngành công nghiệp NLSH và sinh hóa chất. Điều đó cho thấy những thách thức, trở ngại trên đây đã và đang được khắc phục theo hướng tích cực phát triển và ứng dụng công nghệ nhiên liệu sạch và sinh hóa chất.

- 2007 - Chính quyền Tổng thống Bush tuyên bố sáng kiến Twenty-in-Ten nhằm giảm 20% tỉ lệ sử dụng xăng dầu thường và tăng tỉ lệ sử dụng nhiên liệu vận tải tái tạo từ 5 tỉ lên mức 35 tỉ galông ethanol đến năm 2017.
- 2008 - California đưa ra một Tiêu chuẩn Nhiên liệu thấp cacbon (LCFS) yêu cầu các nhà cung cấp phải cắt giảm ít nhất 10% các loại nhiên liệu vận tải thải khí cacbon và các loại khí gây hiệu ứng nhà kính khác đến 2020. Thay vào đó, họ sẽ cung cấp NLSH để đáp ứng những tiêu chuẩn tối thiểu hiện nay và sẽ liên tục phát triển thêm để đáp ứng những tiêu chuẩn tương lai.
- 2010 - Công nghệ sản xuất ethanol xenluloza có thể trở thành tiềm năng kinh tế thương mại quy mô, cho phép mở rộng các tính năng sản xuất NLSH năng lượng cao nhờ vào nguồn nguyên liệu sinh khối lignocellulose dồi dào, không gây cạnh tranh với các nhu cầu về lương thực, thực phẩm.
- 2010 đến 2015 - Công nghệ NLSH từ tảo có thể sẽ đạt đến mức giá cạnh tranh hơn, cho phép sản xuất một lượng lớn NLSH trên đất biển hoặc trong nước, chẳng hạn như phản ứng quang sinh học (photo-bioreactor) có khả năng thu khí CO₂ từ các nhà máy điện.
- 2012 - Những thành tựu trên quy mô thương mại của công nghệ lọc sinh học tổng hợp có thể thúc đẩy hoạt động đồng sản xuất quy mô lớn nhiên liệu sạch, hóa chất, nhựa sinh học, điện năng và các sản phẩm giá trị khác từ lignocellulose.
- 2012 đến 2020 - NLSH "biến đổi cấu trúc", được tạo ra từ các vi khuẩn siêu gen thiết kế có khả năng chuyển đổi sinh khối thành các sản phẩm hydrocarbon tổng hợp như nhiên liệu phản lực, xăng thấp lưu huỳnh, diesel cải tiến và các hóa chất chuyên khoa khác. Những sản phẩm hydrocarbon này hoàn toàn phù hợp với cơ sở hạ tầng nhiên liệu và các loại động cơ phương tiện giao thông hiện thời.
- 2025 - mức tiêu thụ NLSH tại Mỹ có thể dao động quanh mức 25%, thậm chí cao hơn so với nhiên liệu xăng dầu mà vẫn đảm bảo cam kết giảm khí thải CO₂. Ngoài ra, các sản phẩm hóa dầu cũng có thể được chuyển đổi thành NLSH.

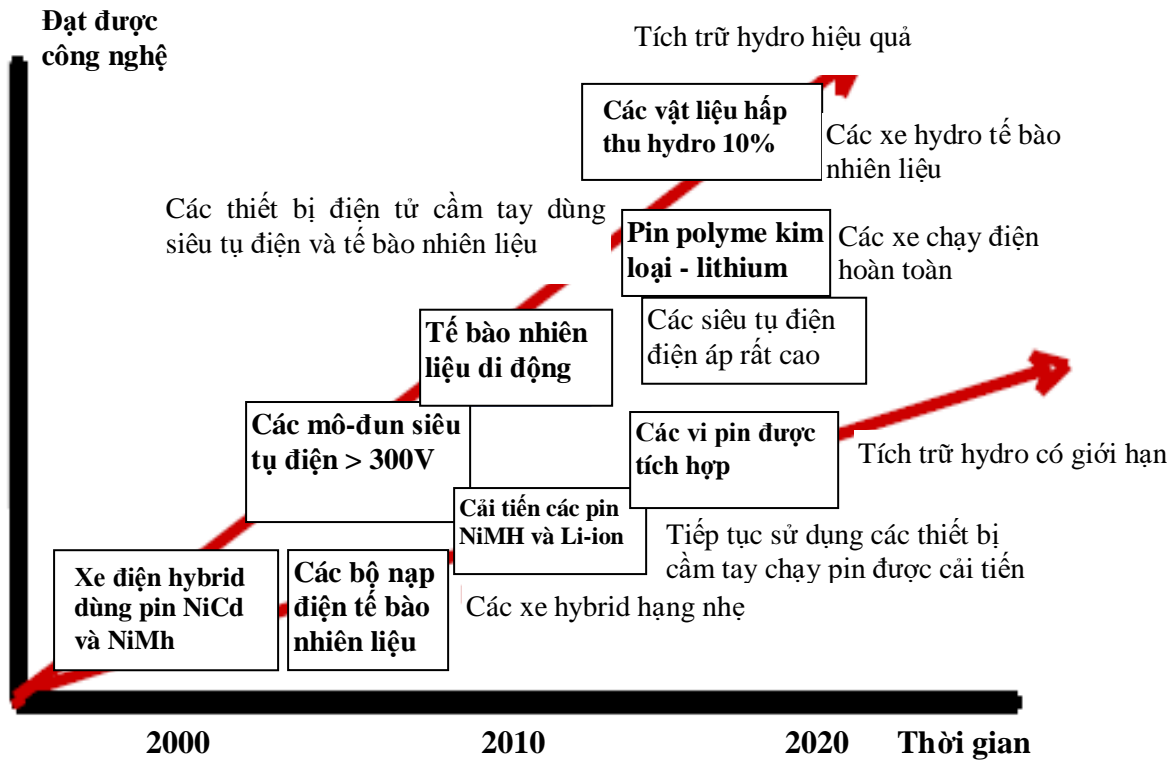
Trong thời gian diễn ra những hoạt động này, cần theo dõi, giám sát một số dấu hiệu đặc trưng để hiểu hơn về phương hướng chỉ đạo và tiến độ cải thiện và đánh giá các mối đe dọa cũng như cơ hội tiềm tàng của Mỹ. Những dấu hiệu đặc trưng cho thấy sự phát triển của công nghiệp NLSH và sinh hóa chất bao gồm:

- Thời điểm và môi trường xúc tiến các chính sách phát triển NLSH (ví dụ như hạn ngạch, các khoản hỗ trợ, trợ cấp đặc biệt cho các loại nhiên liệu trong nước và nhiên liệu ít khí thải) tại Mỹ và các quốc gia khác.
- Thời điểm và môi trường xúc tiến các chính sách biến đổi khí hậu (chính sách thuế cacbon, Nghị định thư Kyoto cam kết giảm lượng khí thải cacbon) tại Mỹ và trên quy mô quốc tế.
- Mức độ trợ cấp R&D liên tục của Bộ Năng lượng và Bộ Nông nghiệp dành cho phát triển và thương mại hóa công nghệ NLSH tiên tiến.
- Giá dầu thô thế giới và khả năng đáp ứng cầu dầu mỏ.
- Những cải thiện về chi phí và hiệu quả hoạt động của quy trình chuyển đổi NLSH.
- Ảnh hưởng của các cuộc tranh luận về nhiên liệu chế tạo từ cây lương thực và dư luận công chúng về khả năng tích trữ các nguyên liệu như ngô và phổ biến NLSH (đặc biệt trong tương lai gần).
- Cải thiện về sản lượng nguyên liệu và khả năng cung cấp đảm bảo thu được trong công tác trồng và gây đột biến di truyền các loại cây cho sản lượng nhiên liệu sạch cao.
- Hiệu quả hoạt động của nhiên liệu đối với các loại phương tiện giao thông và phổ biến phương tiện thay thế như xe chạy bằng năng lượng điện luân phiên, điện năng và các loại xe sử dụng tế bào nhiên liệu.
- Phát triển cơ sở hạ tầng sử dụng nhiên liệu ethanol E85 (trạm xăng và các loại xe linh hoạt nhiên liệu) nhằm kích thích sử dụng nhiên liệu hỗn hợp nồng độ ethanol cao.
- Hoạt động thương mại quốc tế về NLSH chi phí thấp của các nhà cung cấp tại Brazil, vùng Caribê, khu vực Đông Nam Á và các vùng khác.

II. CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU TÍCH TRỮ NĂNG LƯỢNG VÀ CÔNG NGHỆ THAN SẠCH

2.1. Công nghệ vật liệu tích trữ năng lượng

Lộ trình công nghệ vật liệu tích trữ năng lượng



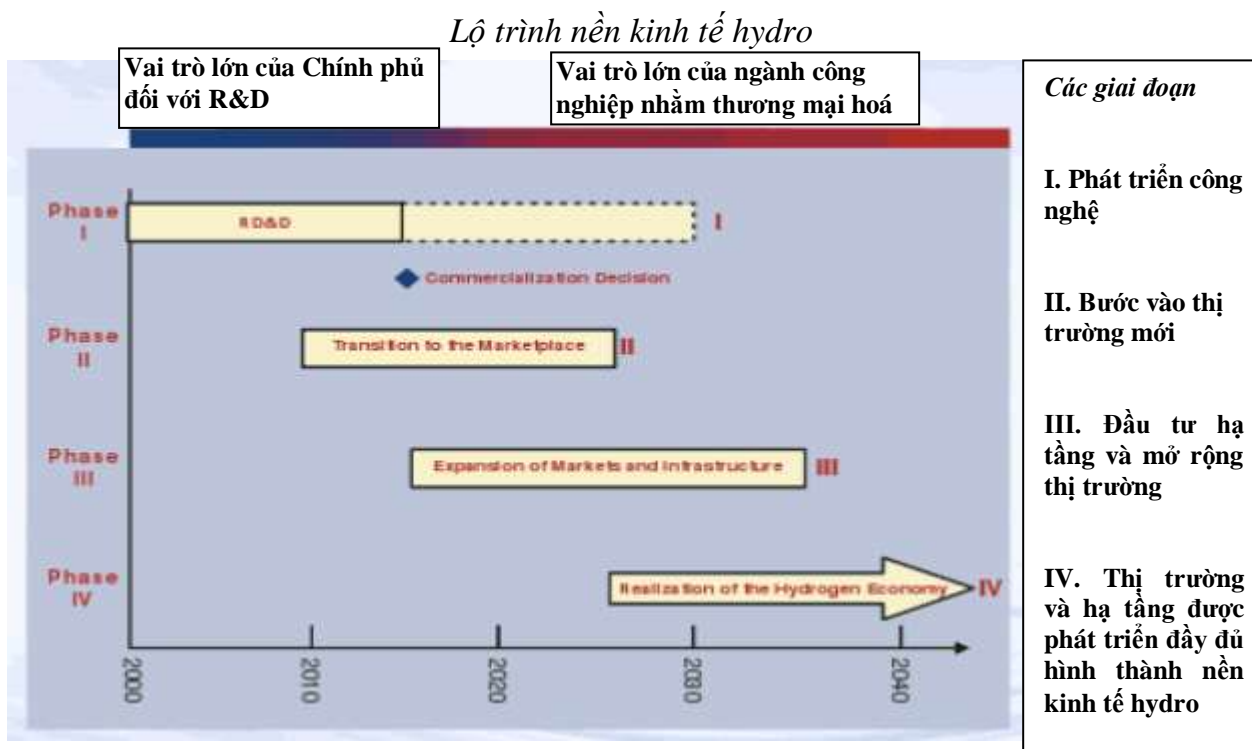
Các vật liệu tích trữ năng lượng (Energy Storage Materials) bao gồm các vật liệu có khả năng tạo ra hoặc tích trữ năng lượng trong một dạng hữu ích để sử dụng sau này. Chủ yếu ở đây là tích trữ hydro (đặc biệt là sử dụng cho tế bào nhiên liệu - fuel cell), các siêu tụ (ultracapacitors - tích trữ năng lượng điện dưới dạng sạch, tính ổn định cao, có thể nạp một cách nhanh chóng mà không kèm theo nguy cơ cháy nổ) và các pin (tích trữ năng lượng điện hoá). Các vật liệu tích trữ này có thể được di chuyển hoặc được trang bị trên các thiết bị di động, xe ô tô để cung cấp nhiên liệu vận hành.

Tích trữ hydro: hydro có lượng năng lượng cao nhất trong bất kỳ nguyên tố nào và cũng là nguyên tố dồi dào nhất trong vũ trụ, tạo nên khoảng 75 % tổng khối lượng vũ trụ và tới trên 90 % tổng số nguyên tử. Điều này khiến nó được coi như là một nguồn năng lượng. Tuy nhiên, nó cũng là nguyên tố nhẹ nhất và cũng là nguyên tố được tích tụ kém nhất trong vũ trụ, do vậy rất khó tập trung đủ hydro trong một vị trí để sử dụng nó như là một nguồn năng lượng hiệu quả về mặt kinh tế nhằm phục vụ các hoạt động của con người. Các công nghệ hiện nay nhằm tạo ra hydro lại tốn kém về mặt kinh tế và môi trường, các thiết bị nhằm tập trung và tích trữ hydro lại quá to, nặng, không

hiệu quả về mặt kinh tế. Ngoài ra hạ tầng cho nó cũng không hiệu quả và không thân thiện với người dùng. Nhiều kim loại, với độ rỗng phân tử tương đối lớn, và nhiều hoá chất, có đặc tính hấp thu hydro (bên trong hoặc bên trên chúng). Do vậy các vật liệu hydrua hoá và hydrua kim loại được các nhà nghiên cứu quan tâm và coi đó là các vật liệu tích trữ hydro. Không một loại vật liệu nào trong số này đạt được độ đậm đặc tích trữ cần thiết để cho phép phục vụ mục đích thương mại. Do vậy, các nhà thiết kế tế bào nhiên liệu đang sử dụng các nhiên liệu lỏng, như tế bào nhiên liệu methanol trực tiếp, ở đó hydro được “tích trữ” trong một dạng nhiên liệu giống methanol và được chuyển trực tiếp thành tế bào nhiên liệu. Các hệ thống tế bào nhiên liệu khác sử dụng nhiên liệu hydrocarbon khí và lỏng và lại biến nó thành hydro. Trong một số trường hợp, hydro lỏng được tích trữ trên các phương tiện vận tải để làm nhiên liệu trực tiếp, thay vì tích trong tế bào nhiên liệu. Các nhiên liệu lỏng, bảo quản lạnh, biến đổi nhiên liệu là tương đối phức tạp trong các hệ thống tế bào nhiên liệu nói chung. Hiện nay, nhiều công nghệ sẵn có có thể tận dụng ưu thế của hydro để cung cấp năng lượng. Tuy nhiên, hiệu quả về chi phí vẫn còn là một trở ngại lớn.

Sản xuất hydro: một nền kinh tế hydro đòi hỏi phải sản xuất ra được hydro nhanh và rẻ mà không sử dụng các nguồn năng lượng hoá thạch. Sử dụng các nguồn điện năng tái tạo để sản xuất hydro từ nước (tách hydro và oxy) là lựa chọn lý tưởng. Hydro được tạo ra sẽ được tích trữ tại các trạm tế bào nhiên liệu, các trạm này có thể di động.

Chính phủ Mỹ hành động hướng tới nền kinh tế Hydro



Để giảm bớt sự phụ thuộc vào nguồn năng lượng hạn hẹp và bảo đảm cung cấp cho tương lai. Sáng kiến Hydro do Chính quyền Bush đề xuất trước đây đã đưa ra một tầm nhìn về thiết lập nền kinh tế hydro và tăng cường sử dụng nhiên liệu hydro, cũng như ô tô dùng nhiên liệu hydro vào năm 2020.

Ngân sách trị giá 1,2 tỷ USD sẽ được sử dụng để đảo ngược sự phụ thuộc gia tăng của Mỹ vào dầu mỏ của nước ngoài, bằng cách phát triển công nghệ cần thiết để có thể thương mại hoá pin nhiên liệu dùng hydro cung cấp năng lượng cho ô tô, xe tải, các căn hộ và doanh nghiệp, tránh gây ô nhiễm và phát thải khí nhà kính. Sáng kiến này cải thiện cơ bản an toàn năng lượng của Mỹ nhờ giảm thiểu nhu cầu nhập khẩu dầu mỏ. Đồng thời, đây sẽ là một yếu tố chủ chốt của các chiến lược về biến đổi khí hậu và không khí sạch của Tổng thống.

Sau khi đưa ra Sáng kiến, Ban công tác của Hội Vật lý Mỹ và Bộ Năng lượng Mỹ đã tiến hành các bước hỗ trợ nhiệm vụ đầy thách thức này. Sau khi nghiên cứu kỹ sáng kiến, Ban công tác về các vấn đề công chúng của Hội Vật lý Mỹ kết luận cần khắc phục nhiều trở ngại kỹ thuật để có thể thực hiện được kế hoạch. Trước hết, liệu các cải tiến về công suất hoặc chi phí, ít nhất là ở mức cao hơn các công nghệ hiện có, có cần thiết đối với động cơ hydro để đạt tới quy mô sản xuất hàng loạt và để có khả năng tiếp cận đến các chủ sở hữu xe hay không. Thứ hai là, cuộc nghiên cứu tìm kiếm các loại vật liệu mới dùng trong chế tạo bồn nhiên liệu hydro có phù hợp với thị hiếu người tiêu dùng trung bình không. Ngoài ra, còn phải giải quyết vấn đề an toàn liên quan đến khả năng trữ hydro. Cho đến nay, còn nhiều vấn đề chưa được giải quyết giữa năng lực công nghệ hiện tại và yêu cầu công suất mong muốn. Ban công tác đã đưa ra một số khuyến nghị để khắc phục những trở ngại này.

Mặt khác, ngày 10/03/2004, Bộ Năng lượng Mỹ đã công bố "Kế hoạch Thúc đẩy hydro" (Hydrogen Posture Plan). Mục tiêu dài hạn này tiếp tục các chiến lược và các biện pháp cụ thể cần thiết để thúc đẩy thương mại hoá công nghệ vào năm 2015. Để đẩy nhanh quá trình chuyển đổi sang nền kinh tế hydro và tối đa hoá hiệu quả, Kế hoạch Thúc đẩy cũng phối hợp các hoạt động nghiên cứu và phát triển trong các văn phòng, bao gồm các văn phòng về khoa học năng lượng hoá thạch, năng lượng hạt nhân và năng lượng tái tạo.

Rõ ràng là, khả năng sử dụng hydro như một nguồn nhiên liệu hiệu quả có nhiều ưu điểm; nó không chỉ củng cố an toàn năng lượng quốc gia, mà còn làm giảm ô nhiễm môi trường. Nếu mọi việc trôi chảy và với một chút may mắn, chiếc xe ô tô đầu tiên được ra đời trong năm nay sẽ là loại xe sử dụng nhiên liệu hydro.

Công nghệ cho các siêu tụ điện: đó là một dạng đặc biệt của tụ điện (tụ điện điện hoá lớp kép - Electrochemical Double-layer Capacitor, EDLC) có khả năng tích trữ khối lượng lớn điện tích và tạo ra nguồn điện đáng kể (thường hơn 10 kW) chỉ trong vài giây.

Siêu tụ điện có điện dung rất lớn so với tụ điện thông thường nên chứa được rất nhiều điện (năng lượng điện bằng $1/2CU^2$). Hơn nữa quá trình nạp điện, phóng điện là một quá trình vật lý, điều khiển điện tích chuyển động bằng điện trường, không dùng

đến các phản ứng hóa học. Nhờ đó siêu tụ điện rất bền, không chóng bị suy thoái: thời gian sử dụng hàng chục năm, nạp đi nạp lại được hơn 500.000 lần (ắc quy, pin nạp loại tốt có thể nạp lại được vài ngàn lần, thời gian sử dụng cỡ một vài năm).

- Việc nạp điện hay phóng điện cho siêu tụ điện có thể tiến hành rất nhanh vì đây là cách dùng điện trường điều khiển các ion chuyển động để chạy vào các lỗ nhỏ ở than hoạt tính (khi nạp) hoặc cho electron chạy ở mạch ngoài để cân bằng các ion dương và âm tập trung ở các điện cực than (khi phóng). Ở pin nạp phải chờ thời gian trao đổi của phản ứng hóa học nên không thể nạp nhanh hoặc phóng nhanh.

Nhưng siêu tụ điện cũng có nhược điểm là tích điện không được lâu vì rò điện nội bộ giữa hai cực. Giải pháp tối ưu trong một số trường hợp hiện nay là dùng song song cả siêu tụ điện và ắc quy. Do cấu tạo của lớp điện tích kép, giữa hai cực của một siêu tụ điện chỉ chịu được hiệu điện thế cỡ 2, 3 vôn. Vì vậy muốn làm việc ở điện thế cao, phải ghép nối tiếp nhiều siêu tụ điện. Cũng do cấu tạo của các điện cực bên trong rất gần nhau điện tích nạp cho siêu tụ điện dễ bị rò rỉ nên không giữ được lâu. Siêu tụ điện tự bị sụt thế nhanh hơn là ở pin nạp, ở ắc quy.

Đối với các nguồn điện lưu động người ta đưa ra tiêu chuẩn năng lượng tạo ra được ứng với một đơn vị khối lượng của nguồn: Wh/kg (Watt giờ/kilogram). Xét về mặt này siêu tụ điện loại tốt hiện nay có mật độ năng lượng xấp xỉ 60Wh/kg, chỉ bằng một nửa của pin nạp tốt nhất Li-ion 120Wh/kg. Tuy nhiên những nghiên cứu về công nghệ nano cho thấy đã làm được siêu tụ điện với ống nanocarbon mật độ công suất đến trên 100kWh/kg nghĩa là ba bậc cao hơn mật độ công suất ở pin nạp tốt nhất hiện nay.

Một số ứng dụng của siêu tụ điện hiện nay:

- *Ứng dụng trong giao thông*: xe buýt điện Capabus (Capacitor Bus) được trang bị động cơ điện chạy bằng điện chứa ở siêu tụ điện. Dọc đường xe chạy không có đường dây căng ở trên để xe có cần lấy điện từ đường dây như xe buýt chạy điện thông thường. Ở các trạm đỗ xe dọc đường có chỗ lấy điện để nạp nhanh điện cho siêu tụ điện, thời gian nạp điện ngắn hơn thời gian hành khách lên xuống, ở các trạm dừng xe đầu và cuối có chỗ nạp điện đầy cho siêu tụ điện.

- *Ứng dụng trong năng lượng tái tạo*: Đặc điểm của năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió v.v... là lúc có, lúc không, lúc có rất nhiều, lúc lại rất ít. Thí dụ pin mặt trời cung cấp điện tốt vào một số giờ ban ngày, lúc nắng to cho dòng điện rất mạnh, lúc mưa gió, trời tối dòng điện rất yếu hoặc bằng không. Lâu nay, người ta phải dùng ắc quy để tích điện, nhưng để nạp điện cho ắc quy no phải chờ từ vài giờ đến hơn nửa ngày. Nếu dùng siêu tụ điện, điện từ pin mặt trời mạnh đến bao nhiêu đều tích hết vào siêu tụ điện, không để “lãng phí” một chút nào. Đối với năng lượng gió cũng vậy, lúc gió to, siêu tụ điện kịp chứa hết điện năng sinh ra. Mặt khác trở ngại chính hiện nay khi sử dụng năng lượng tái tạo là phải dùng ắc quy để chứa điện nhưng ắc quy chỉ nạp lại được một số lần, nói chung là cỡ nửa năm, hay một năm phải thay ắc quy mới vừa tốn kém lại mất thời giờ. Còn dùng siêu tụ điện phải hơn mười năm mới phải thay.

Nguồn điện tái tạo (pin mặt trời hoặc năng lượng gió chẳng hạn) tạo ra được bao nhiêu điện năng, siêu tụ điện chứa ngay được hết và siêu tụ điện lại từ từ nạp điện cho ắc quy. Nhờ đó ắc quy luôn được nạp điện đầy đủ vừa luôn luôn có điện để dùng, vừa lâu mới phải thay ắc quy vì ắc quy rất chóng hỏng nếu nạp điện cho ắc quy không đầy đủ, để cho ắc quy cạn kiệt.

Siêu tụ điện đặc biệt có ích khi dùng để thu gom năng lượng mất mát, bỏ đi. Một chiếc xe ô tô phải mất bao nhiêu năng lượng xăng dầu để lăn bánh, lúc phanh lại, ô tô mất hết động năng đã tích lũy được. Người ta lắp vào ô tô bộ phận phát ra dòng điện mạnh khi xe ô tô hãm phanh. Điện năng phát ra đó được chứa ngay vào siêu tụ điện. Người ta lại dùng điện năng chứa trong tụ điện này để khởi động xe vì lúc khởi động, xe chuyển từ trạng thái đứng yên đến chuyển động tốn rất nhiều năng lượng.

Hiện nay nhiều nhà nghiên cứu, nhiều hãng đang đẩy mạnh việc cải tiến, chế tạo siêu tụ điện, đặc biệt vận dụng công nghệ nanô sử dụng vật liệu có nhiều lỗ nhỏ, diện tích mặt ngoài cực lớn như vật liệu làm từ ống nanô cacbon. Siêu tụ điện có vai trò rất quan trọng trong xu thế tiết kiệm năng lượng, sử dụng năng lượng xanh hay năng lượng sạch đang được toàn thế giới khuyến khích đẩy mạnh hiện nay.

Vật liệu tích trữ năng lượng và hạ tầng phân phối nhiên liệu

Bộ Năng lượng Mỹ đã khẳng định hydro có thể thay thế xăng dầu làm nhiên liệu chạy ô tô, hệ thống tích trữ hydro được trang bị bên trong phải chứa 6,5% hydro theo trọng lượng (Wt %) năm 2010 (khi các xe sử dụng tế bào nhiên liệu có thể sớm có mặt trên thị trường) và 9,0 wt% vào năm 2015 (khi các xe sử dụng tế bào nhiên liệu được bán với số lượng lớn). Các mức tích trữ này sẽ dẫn đến những cải thiện đáng kể trong công nghệ vật liệu. Các nghiên cứu mới đây về hydrua kim loại nhẹ không đắt như magiê hydrua (MgH_2) có thể hấp thu tới 7,6 wt % hydro. Các hydrua kim loại hỗn hợp như natri alanate ($NaAlH_4$) và lithi alanate ($LiAlH_4$), về lý thuyết có thể thu được 7,4 và 0,5 wt % hydro, nhưng chúng đòi hỏi phải có chất xúc tác như titan hoặc zirconi. Các kết cấu hữu cơ - kim loại (MOFs hoặc “moffs”) cũng thu hút sự chú ý bởi khả năng hấp thu lượng lớn hydro. Các hợp chất khác cũng được quan tâm như Aminoboranes (H_3BNH_3), nhưng quá trình xử lý lại tạo ra các sản phẩm khác phải tái chế gây tốn kém.

Các ống nano các-bon (Carbon nanotubes) là một công nghệ vật liệu mới đầy hứa hẹn trong hấp thu hydro và đang được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu.

Vật liệu cho chế tạo các siêu tụ điện, các pin, đặc biệt là vật liệu nano cần phải được phát triển. Mặt khác cơ sở hạ tầng phải hoàn thiện để có thể sử dụng phổ biến hydro, hydro có thể được vận chuyển phân phối đến từng hộ gia đình theo các phương thức an toàn với các công nghệ vật liệu mới.

Các mốc định hướng phát triển

Các sự kiện được dự báo dưới đây có thể xảy ra trong khung thời gian dự kiến nếu sự phát triển trong lĩnh vực vật liệu tích trữ năng lượng tiếp tục với nhịp độ hiện nay:

2007-2010

- Doanh số bán xe điện hybrid tăng, Toyota và Honda đứng đầu thị trường;

- Các siêu tụ điện được dùng song song với các pin lithium - ion;
- Các siêu tụ điện trong các mô đun điện thế cao xuất hiện bên cạnh các pin để bổ sung năng lượng cho xe hybrid;
- Công nghệ lithium là công nghệ lựa chọn cho xe hybrid điện, nhưng nó bắt đầu chịu sức ép cạnh tranh từ công nghệ tế bào nhiên liệu và siêu tụ điện;

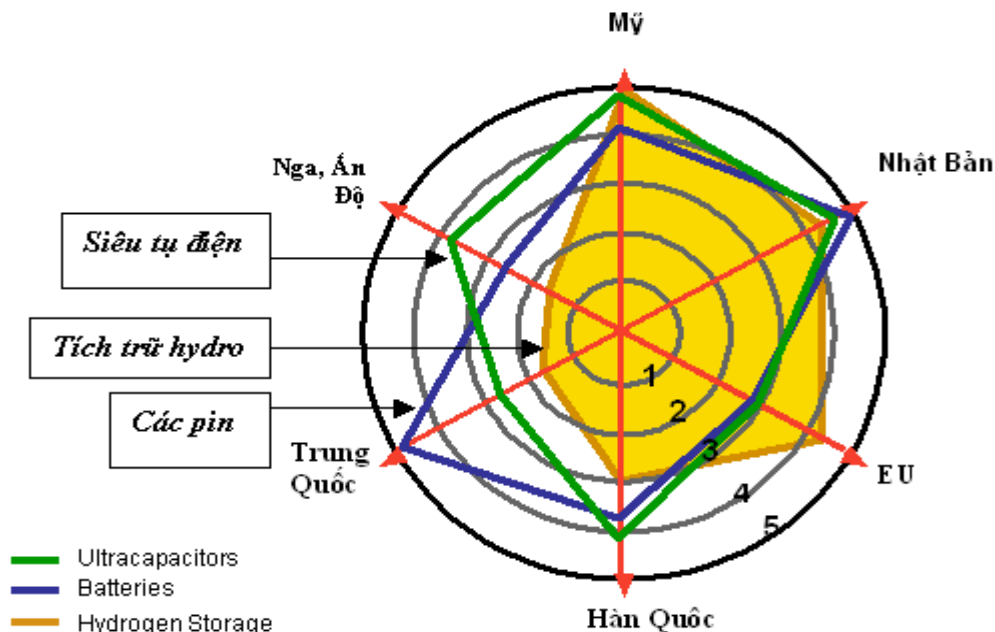
2010-2015

- Các xe điện hybrid được sản xuất với số lượng hàng triệu xe, thị trường xe điện bắt đầu phát triển;
- Các siêu tụ điện được sử dụng phổ biến bên cạnh pin lithium để thu hồi năng lượng khi phanh và tăng tốc xe khi khởi động;
- Các siêu tụ điện thay thế pin trong các thiết bị di động và các tế bào nhiên liệu bắt đầu bước vào thị trường dùng cho các thiết bị di động.
- Các xe sử dụng tế bào nhiên liệu hydro đầu tiên xuất hiện.

2015-2020

- Sản xuất xe điện hybrid với số lượng từ 5-10 triệu chiếc;
- Pin polyme kim loại lithium được phát triển và các xe sử dụng pin điện hoàn toàn bắt đầu cạnh tranh với xe hybrid;
- Tích trữ hydro đạt khoảng 9 Wt % mở ra thị trường cho xe chạy bằng tế bào nhiên liệu hydro;
- Các xe sử dụng siêu tụ điện thương mại xuất hiện.

Hiện trạng nghiên cứu và chế tạo vật liệu tích trữ năng lượng của một số nước



Ghi chú: Trình độ tăng dần (từ vòng 1 – 5) trong nghiên cứu và chế tạo.
Vòng 5: đi đầu thế giới về nghiên cứu và chế tạo

2.2. Công nghệ than sạch

Than sạch là một thuật ngữ tiếp thị thường được sử dụng bởi các ngành công nghiệp than và các tập đoàn than mô tả một nhóm các ngành công nghệ và công nghiệp làm tăng hiệu suất tái sinh năng lượng than (kể cả khí hóa than), giảm thiểu đáng kể sự phát xạ khí thải từ các nhà máy nhiệt điện chạy than (thu giữ khí carbon - CCS, hoặc chuyển than thành nguyên liệu hóa học hoặc nhiên liệu vận tải bù đắp cho nhu cầu về dầu mỏ, ví dụ như than hóa dầu - CTL). Sử dụng pin nhiên liệu cacbon trực tiếp là một phương pháp khác để thu được năng lượng sạch thay than nhưng hiện nay vẫn bị hạn chế ở mức độ phòng thí nghiệm vì thương mại hóa quá đắt đỏ và sản lượng năng lượng vẫn còn quá thấp (~1 kW) tại giai đoạn phát triển này. Từ khía cạnh môi trường, năng lượng sạch từ than đá chỉ thực sự được chuyển đổi bằng CCS. Sự đa dạng của một số công nghệ năng lượng than hiện đại đã tồn tại trong thế kỷ XX, nhưng với giá cả tương đối thấp và sự sẵn có của dầu mỏ đã cản trở sự chấp nhận loại năng lượng này. Than sạch (bằng CCS) được phát triển thành công có thể cho phép Mỹ (hay bất kỳ quốc gia nào có trữ lượng lớn than đá) tin tưởng vào sự an toàn về nguồn năng lượng trong nước dồi dào. Tuy nhiên, theo báo cáo từ Học viện Công nghệ Massachusetts (MIT), CCS chưa được bảo đảm để làm việc trên quy mô cần thiết có thể chứa đến 90% lượng khí thải từ một nhà máy điện lớn (mục tiêu của Bộ Năng lượng Mỹ).

Các khối cấu thành năng lực

Những nhà máy điện được trang bị CCS có thể ép và bơm khí CO₂ xuống biển sâu hoặc các mỏ dầu hay khí đã cạn kiệt sâu trong lòng đất để lưu giữ vĩnh viễn. Bơm CO₂ vào trong các mỏ dầu là một phương pháp được thiết lập nhằm làm tăng sự phục hồi của dầu lửa có ưu thế hơn cách bơm nước truyền thống. Dự án tăng sản lượng dầu mỏ Weyburn ở North Dakota và Canada đã sử dụng CO₂ từ một nhà máy khí hóa than nhằm tăng cường sản lượng khai thác dầu mỏ từ năm 2000. Các phương pháp chôn giữ vĩnh viễn có thể phát triển từ các phương pháp này nhưng theo báo cáo từ Học viện Công nghệ Massachusetts (MIT), CCS chưa được bảo đảm để làm việc trên quy mô cần thiết để chứa 90% lượng khí thải từ một nhà máy điện lớn (mục tiêu của Bộ Năng lượng Mỹ).

Thêm vào đó, việc trang bị CCS đối với các nhà máy nhiệt điện chạy than hiện nay tiêu thụ khoảng 40% năng lượng mà nhà máy sản xuất và tăng chi phí sản lượng năng lượng mà nhà máy tạo ra 2,7 xent/kWh, và không thể hoạt động trên quy mô cần thiết để thu thập một phần lớn các khí nhà kính này. Dự án CCS lớn nhất đang hoạt động hiện nay (giàn khoan khai thác khí Sleipner tại Biển Bắc) cô lập 1.000.000 tấn carbon dioxide mỗi năm, một phần nhỏ trong đó tạo ra bởi một nhà máy điện đốt than. Sự phát triển CCS có một chặng đường dài để thử nghiệm trước khi nó có thể thỏa mãn mục tiêu thu giữ khí carbon của DOE.

Chu trình tích hợp khí hóa giúp phục hồi năng lượng từ than đá được cải thiện so với đốt than để truyền động một tuabin phát điện bằng áp suất hơi nước. Bằng cách

nung nóng than trong môi trường không khí ôxy và nước (không có nito), quá trình khí hoá tạo ra sự kết hợp của sản phẩm được lựa chọn, bao gồm cả năng lượng nhiệt, khí carbon monoxide, hydrogen, methane và carbon dioxide. Các carbon monoxide hoặc methane có thể được dùng như là một nguyên liệu hóa học hay đốt cháy hoàn toàn đối với dioxide carbon.

Tương tự, một nhà máy với quy trình hỗn hợp kết hợp khí hóa than (IGCC) có thể thu thập hydro như một nhiên liệu hay năng lượng một máy phát điện chạy khí bổ sung. Còn lại các chất rắn có thể được sử dụng trong một lò đốt than truyền thống như là một nhiên liệu cấp thấp. Phần còn lại của thành phần khoáng sản thường bị thu hồi làm nguyên liệu công nghiệp hữu ích giống như tro bụi than được thu hồi từ các nhà máy đốt than để sử dụng trong công nghiệp bê tông hay phụ gia xây dựng (đây là quá trình làm giàu hay tuyển quặng).

Khử nito (thường chiếm 80% trong không khí) có nghĩa là CO₂ được tạo ra bởi một nhà máy khá sạch và cần bản được cô lập. Bên cạnh việc tăng phát thải sạch và thu hồi vật liệu hữu ích, các nhà máy IGCC cũng có thể tạo ra khoảng 20% điện năng hiệu quả hơn các nhà máy đốt than.

Ngoài ra cũng cần cải thiện hiệu quả hoạt động tại nhà máy điện đốt than truyền thống. Các nhà máy điện chạy than lò hơi than phun (PC-) có thể duy trì hiệu quả năng lượng qua việc tăng nhiệt độ. Một số mẫu thiết kế lò hơi mới cũng bao gồm các hoạt động tầng sôi ở đó than được treo lại với một dòng khí áp cao (khiến chúng giống như cát lún). Sự tiếp xúc bề mặt gia tăng giữa than và nhiệt độ khí lò ôxi hóa tăng lên, và tầng sôi cho phép các vật liệu không cháy lắng xuống như xỉ để tuyển quặng từ các phát thải của nhà máy (kể cả lưu huỳnh).

Công nghệ than hóa dầu đã được phát triển rộng rãi tại Đức dưới lệnh cấm vận nhiên liệu dẫn đến chiến tranh thế giới lần II, và sự phân biệt chủng tộc Nam Phi đi theo sau những lệnh cấm vận tương tự kéo dài tới nửa sau của thế kỷ hai mươi. Ngày nay, tập đoàn Sasol của Nam Phi (South African Coal and Oil) hoạt động một trong vài các lĩnh vực lợi nhuận than hóa dầu trên toàn thế giới, cung cấp nhiên liệu và nguyên liệu hóa chất cho ngành công nghiệp châu Phi và xuất khẩu. Mặc dù các công nghệ than hóa dầu không giảm thiểu phát xạ khí nhà kính có liên quan đến dầu thô (thực tế, các nghiên cứu đáng tin cậy cho thấy than hóa dầu có thể làm tăng lượng phát thải khí nhà kính), chúng cung cấp cơ hội cho các nhà sản xuất than đa dạng hóa các sản phẩm sử dụng và cho các quốc gia có trữ lượng than dồi dào phụ thuộc ít hơn vào dầu mỏ và các sản phẩm hóa học có nguồn gốc từ dầu mỏ, làm giảm bớt sức mạnh địa chính trị của các quốc gia sản xuất dầu mỏ.

Những ảnh hưởng của tiến bộ công nghệ

Mỹ được biết đến là nước có trữ lượng than đá lớn nhất thế giới, và những phân tích cho rằng than đá sẽ vẫn là sức mạnh cho cung cấp điện lực Mỹ tới năm 2050. Những điều chỉnh phát thải một số loại khí nhà kính được quy định nhất định để lựa chọn hình thức cụ thể trong thập kỷ tới, hiệu quả chi phí và hiệu quả năng lượng được cải thiện

và CCS là tất cả sự cần thiết để duy trì than đá như một lựa chọn khả thi trong môi trường điều chỉnh cường chế carbon. Công nghệ thiết yếu cho phép than làm sạch là thu giữ và cô lập carbon, nhưng không chắc CCS có khả năng thương mại đến năm 2020.

Tuy nhiên, một mốc thời gian như vậy không làm giảm việc ứng dụng càng hiệu quả của công nghệ than sạch, vì những xu hướng đang diễn ra có thể hướng tới một môi trường năng lượng carbon được quy định chặt chẽ. Xem xét các chiều hướng hiện nay và tương lai: nhu cầu năng lượng toàn cầu sẽ tiếp tục tăng mạnh trong thế kỷ XXI, và cộng đồng khoa học đã ước tính lượng carbon dioxide (và các loại khí nhất định khác) được tạo ra bởi hoạt động công nghiệp của con người sẽ có những hiệu ứng lâu dài đối với khí hậu toàn cầu.

Những thay đổi riêng biệt trong các hệ sinh thái khu vực (lượng mưa, nhiệt độ trung bình, các cực trị nhiệt độ, điều kiện đất) và thậm chí cả thiệt hại tột bậc về kinh tế (lũ lụt, hạn hán, bão) rất có thể sẽ xảy ra. Trong một nỗ lực để ngăn ngừa những hậu quả này, chính sách tạo ra một môi trường năng lượng hạn chế carbon là tất cả nhưng phải tương thích với các nhu cầu năng lượng cần cho phát triển của nền kinh tế và dân số ngày càng tăng.

Các công nghệ hỗ trợ

Một số công nghệ bổ sung hoặc hiệp lực sẽ nâng cao xác suất thành công của than sạch như là một lựa chọn kinh tế và môi trường hữu hiệu để đáp ứng nhu cầu năng lượng của Mỹ trong một môi trường điều tiết hạn chế phát thải carbon.

- *Những hợp kim nicken chống ăn mòn.* Tăng nhiệt độ vận hành dễ dàng cải thiện hiệu quả nhiệt động lực học của một nhà máy điện đốt than. Thật không may, việc tăng nhiệt độ dẫn đến việc tăng tốc sự ăn mòn và hư hỏng của các vật liệu cấu thành thiết bị nhà máy. Những nồi hơi đốt than cực siêu tới hạn yêu cầu các vật liệu chịu được nhiệt độ lớn hơn 1400°F và chống lại được các hiệu ứng ăn mòn của tro bụi cũng như các điều kiện nhiệt độ cao.
- *Thiết kế tuabin tiên tiến.* Phòng thí nghiệm công nghệ năng lượng quốc gia của Mỹ (National Energy Technology Laboratory - NETL) tiến hành một chương trình nghiên cứu tuabin tiên tiến cho các nhà máy nhiệt điện đốt than. Mục đích nhằm thúc đẩy việc thiết kế các tuabin làm tăng hiệu quả nhà máy điện và được điều khiển bởi hydro hoặc khí tổng hợp sản xuất từ khí hoá than.
- *Tách ra màng CO₂.* Tách màng được dùng như các bộ lọc lựa chọn có thể lọc CO₂ trong khi vẫn giữ lại các khí khác. Hiệu quả của các màng lọc vẫn được phát triển với hiệu quả cao và chi phí thấp và có thể sử dụng thay cho các máy lọc hơi đốt amin, các máy lọc hơi đốt này hòa tan khí CO₂ trong một chất lỏng giống amoniac.

Các màng hấp thụ cho phép CO₂ chuyển từ thể khí trên một giới hạn để hòa tan chúng trong một chất lỏng khác. Các màng hấp thụ cũng tăng hiệu quả thu thập khí CO₂.

- *Pin nhiên liệu.* Hydro và pin nhiên liệu hydrocarbon đã phát triển phổ biến như những thiết bị phát điện tiềm năng trong giao thông vận tải và thị trường năng lượng dân dụng.

Ô tô sử dụng năng lượng hydro thậm chí có thể chiếm lĩnh thị trường trong vòng 5-10 năm sau và sẽ thúc đẩy nhu cầu đối với hydro có nguồn gốc từ quá trình khí hóa than. Các pin nhiên liệu carbon trực tiếp, mặc dù ít khả năng thương mại, có thể một ngày nào đó đại diện cho một máy phát điện năng lượng dùng than.

Năng lực sử dụng và những ví dụ về công nghệ than sạch

- FutureGen Initiative về phát điện với CCS được tiến hành và lựa chọn một trong 4 vị trí tại Indiana hay Texas để xây dựng một nhà máy IGCC thực nghiệm trị giá 1,5 tỷ USD vào năm 2012.

- Dự án Wabash River Coal Gasification Repowering tại West Terre Haute, Indiana và Nhà máy điện Polk gần Mulberry, Florida, là hai nhà máy khí hóa liên kết tuần hoàn kích thước thực đầu tiên có giá trị thương mại tại Mỹ. Các nhà máy này tạo ra 292 MW và 313 MW điện tương ứng, hầu hết điện tạo ra đều cung cấp cho lưới điện. Các nhà máy đã hoạt động từ năm 1995 và 1997.

- Mỏ khí Sleipner là một mỏ khí tự nhiên tại Biển Bắc của Statoil có khả năng chứa CCS lớn nhất, bằng cách tách CO₂ từ methane khai thác và tích lũy nó vào trong các khe đá sâu của mỏ.

- Nhà máy điện Great Plains Synfuels tham gia chia sẻ lượng khí CO₂ từ năm 2007. Synfuels tạo ra khí metal từ than non chất lượng thấp và cung cấp CO₂ cho tăng cường phục hồi dầu tại miền Nam Saskatchewan. Năm 1984, DOE đã giúp xây dựng một nhà máy trị giá 2,1 tỷ USD nhằm đối phó lại cuộc khủng hoảng năng lượng cuối những năm 1970 và sau đó bán 85 triệu USD cho Dakota Gasification - một công ty con của Basin vào năm 1988. Điều mọi người cho rằng sự lãng phí của tiền đóng thuế hiện nay là mô hình về than sạch trong tương lai.

- Sasol sản xuất 150.000 thùng dầu tổng hợp mỗi ngày tại nhà máy than hóa dầu ở Secunda (Mpumalanga, Nam Phi) và phát triển các phương pháp sản xuất dầu và xăng hóa học tại lò phản ứng nghiên cứu than hóa dầu tại Sasolburg.

Những sản phẩm chịu tác động hiện nay

Năm 2004, than chiếm 26% năng lượng tiêu thụ toàn cầu và có thể sẽ tăng lên 28% vào năm 2030. Năng lượng than cung cấp khoảng một nửa lượng điện được sử dụng tại Mỹ. Công nghệ năng lượng than tiên tiến sẽ tiếp tục phát triển tại các vùng có trữ lượng than dồi dào trên thế giới với sự phát triển của con khát năng lượng giá rẻ. Mỹ là một trong những nước tiêu thụ năng lượng nhiều nhất (bao gồm cả những nguồn năng lượng không phải là than) và sở hữu những mỏ than lớn nhất thế giới. Với khối lượng mỏ than nhiều thứ ba trên thế giới, Trung Quốc có khối lượng khai thác than lớn nhất thế giới (gấp đôi Mỹ) và để phục vụ cho nền kinh tế phát triển nhanh chóng của mình, Trung Quốc luôn cần những nguồn năng lượng mới. Ấn Độ là nước có trữ lượng than đứng thứ 4 thế giới cũng đang phát triển nhanh chóng và có khả năng sẽ tăng sản

lượng than trong vòng 20 năm tới. Các đề án của DOE (trong đó giả định rằng môi trường điều chỉnh tồn tại) chỉ ra rằng việc sử dụng than để sản xuất điện của Trung Quốc sẽ tăng từ 22,7 quadrillion Btu năm 2004 lên 55,9 quadrillion Btu vào năm 2030, so với sự tăng trưởng của Mỹ 1,7% hàng năm từ 20,3 quadrillion Btu đến 31,1 quadrillion Btu trong cùng một thời điểm. Nga sở hữu trữ lượng than lớn thứ hai trên thế giới nhưng hầu như không sản xuất than nhiều như các quốc gia có trữ lượng dồi dào khác vì nước này cũng rất giàu dầu mỏ và khí tự nhiên. Australia và New Zealand là những nước sản xuất than lớn tiếp theo.

Các khả năng mới được tạo ra bởi công nghệ than sạch

Những cải thiện trong hiệu quả của vận hành tạo ra một sự khích lệ tự nhiên về lợi ích kinh tế đối với những người điều hành nhà máy nhiệt điện chạy than. Khí hóa than cũng có thể tạo ra khí tự nhiên, hydro và các nhiên liệu lỏng để bán như một nguồn nhiên liệu để đun nấu hay vận chuyển. Tuy nhiên CCS đại diện cho bước đột phá thực sự khiến lựa chọn than đá là năng lượng sạch. Mặc dù có vẻ như không phải là một khả năng mới, cung cấp điện từ một nguồn tài nguyên thiên nhiên phong phú mà không góp phần vào sự nóng lên toàn cầu sẽ trở thành đặc tính quan trọng của nguồn cung cấp năng lượng như các nhà hoạch định chính sách đề ra để hạn chế việc tạo ra khí nhà kính.

Thời gian

Các công nghệ mới về than khí hóa và than hóa dầu chỉ vượt ngưỡng hiệu quả chi phí phần lớn nhờ giá dầu thô và khí tự nhiên cao. Đầu tư vào cung cấp các nguồn năng lượng thay thế sẽ vẫn còn tiếp diễn chừng nào mà giá cả của dầu thô và khí tự nhiên còn ở mức cao, và sự quan tâm về độ sạch, các nguồn năng lượng thay thế được duy trì bởi những quan ngại về sự nóng lên toàn cầu. Các công nghệ khí hóa, than hóa dầu và CCS sẽ vẫn tiếp tục tiến tới hiệu quả chi phí và đáp ứng tiêu chuẩn môi trường phát triển trong 10 đến 20 năm tới.

Xác định các vấn đề phát triển của công nghệ than sạch

Các yếu tố ảnh hưởng nhất và các vấn đề sẽ xác định thời gian và phương hướng phát triển của các công nghệ tiềm năng cao sẽ là chính trị, pháp lý và kinh tế:

- Để xây dựng và vận hành các nhà máy than khí hóa và than hóa dầu cần rất nhiều kinh phí và CCS không chứng tỏ được ở mức độ cần thiết để thay đổi khí CO₂ thải ra từ than nhằm thỏa mãn nhu cầu năng lượng cần thiết của một quốc gia phát triển. Than khí hóa đòi hỏi các tuabin hiện đại (đắt tiền) và chịu nhiệt độ cao để làm chảy các khí nhiệt độ rất cao hiện diện trong các nhà máy như vậy. Các tuabin cũng có khuynh hướng bị vỡ nhiều hơn so với các thiết bị vận hành thông thường khác và thời gian ngưng trệ hoạt động sẽ nhiều hơn, có nghĩa là tổn thất thu nhập nhiều hơn. IGCC làm tăng thêm khoảng 50% chi phí mỗi kWh của điện từ than, và CCS làm tăng khoảng 50% chi phí khác, nâng chi phí của than từ 4 xent/kWh đến ~8 xent/kWh (đòi hỏi gần 2 tỷ USD cho đầu tư ban đầu).

- Để vận hành các nhà máy than hóa dầu cũng đắt tương tự và hiệu quả kinh phí chỉ có tác dụng khi giá dầu tăng cao (khoảng 50USD một thùng). Vấn đề khác là trong một khoảng thời gian có thể huy động hàng tỷ đô la cần thiết để có được một mạng lưới nhà máy than hóa dầu, có nghĩa rằng các nhà đầu tư cần phải tin rằng giá dầu sẽ lên cao (khoảng 50USD đến 70USD một thùng như hiện nay) và sẽ còn tiếp tục tăng trong tương lai gần.
- Nhu cầu năng lượng sẽ còn tiếp tục tăng trong thế kỷ 21 và cộng đồng khoa học đã ước tính rằng carbon dioxide (và một số khí nhất định khác) được tạo ra bởi hoạt động công nghiệp của con người sẽ có ảnh hưởng lâu dài đến khí hậu toàn cầu. Những thay đổi đáng kể trong các hệ sinh thái khu vực (lượng mưa, nhiệt độ trung bình, các cực trị nhiệt độ, điều kiện đất) và thậm chí cả thiệt hại tột bậc về kinh tế (lũ lụt, hạn hán, bão) rất có thể sẽ xảy ra. Trong một nỗ lực để ngăn ngừa những hậu quả này, chính sách để tạo ra một môi trường năng lượng hạn chế carbon là tất cả nhưng không thể tránh khỏi, nhưng phải hòa hợp với các nhu cầu năng lượng của nền kinh tế và dân số ngày càng tăng. Nhiều cường quốc đang nỗ lực giải quyết vấn đề này và giảm thiểu lượng phát thải khí nhà kính. Mỹ đã không thực hiện vai trò lãnh đạo trong vấn đề này. Một số người cho là sự thiếu vắng này do ảnh hưởng chính trị của các công ty phát thải khí nhà kính chủ yếu đại diện phần lớn cho nền kinh tế Mỹ và thực tế là sự tranh cãi khoa học đã tiến hành theo cách làm xáo trộn vấn đề.
- Hiện tại không tồn tại khuyến khích tài chính cho nhà máy điện chạy than (IGCC hay tình trạng khác) để cô lập lượng CO₂ phát thải vượt quá số lượng hữu ích dùng để tăng cường việc phục hồi dầu. Vì nó không bị đánh thuế đối với phát thải khí CO₂, không chịu những bắt buộc của thị trường điều khiển sự cô lập. Mối quan tâm của công chúng đối với biến đổi khí hậu từ khí nhà kính do con người gây nên (CO₂) dẫn đến hoạch định chính sách hàng đầu hướng tới những thay đổi chính sách trọng yếu nhằm yêu cầu cắt giảm lượng khí thải CO₂. Những đề xuất phổ biến nhằm đạt được mục tiêu gồm đánh thuế carbon hoặc (có lẽ thích hợp hơn) giới hạn và thương mại nhằm định giá thị trường phát thải carbon. Tăng hiệu quả nhà máy có nghĩa là ít than được sử dụng để tạo ra cùng một lượng năng lượng, giảm lượng khí thải CO₂ trên mỗi đơn vị năng lượng, nhưng kết quả cuối cùng là thường xuyên tạo ra nhiều năng lượng hơn, không giảm lượng khí thải. Bất cứ mục tiêu nào là giảm phát thải khí nhà kính, sẽ thành hiện thực thông qua quy định.

Các lĩnh vực không chắc chắn và cần hiểu rõ hơn là:

- *Nhu cầu năng lượng thế giới.* Nhu cầu của thế giới về năng lượng sẽ tăng trong những năm tới, nhưng tăng trưởng kinh tế không có gì đảm bảo. Mỹ, Trung Quốc, và Ấn Độ tiếp tục là những nước tiêu thụ than ngày càng tăng.
- *Những chính sách và điều chỉnh của chính phủ.* Công chúng Mỹ quan tâm đến vấn đề phát thải khí nhà kính sẽ buộc các nhà hoạch định chính sách hành động

ở cấp liên bang, như một số tiểu bang và vùng đã thực hiện. Điều không chắc chắn là liệu những hành động này sẽ đại diện cho thay đổi sâu rộng trong chính sách kiểm soát phát thải khí nhà kính hay sẽ là một thỏa hiệp tượng trưng mà không bắt buộc các nhà công nghiệp với thể lực chính trị đáng kể hành động chống lại những lợi ích kinh tế của riêng họ.

- *Giá cả và cung cấp dầu và khí đốt.* Công chúng quan tâm đến năng lượng thay thế bắt nguồn từ mối quan tâm đến môi trường, bất ổn địa chính trị, và chi phí năng lượng cao. Nếu giá dầu giảm mạnh, thì sự quan tâm (và đầu tư) trong những công nghệ thay thế sẽ còn giảm nữa. Ví dụ như nhiên liệu dùng cho giao thông từ than hóa dầu cạnh tranh về chi phí với dầu diesel khi dầu mỏ có giá khoảng 50 USD/thùng.
- *Cạnh tranh kinh tế năng lượng phi carbon.* Năng lượng hạt nhân, mặt trời, gió, thủy triều đang được đầu tư và phát triển phổ biến. Những nỗ lực R&D bền vững đang tìm cách để cắt giảm chi phí của các loại năng lượng này và các công nghệ khác nhằm cạnh tranh trên một sân chơi bình đẳng với các nhiên liệu hóa thạch, và nếu bất kỳ nỗ lực nào dẫn đến một giải pháp cạnh tranh thực sự, nó có thể tích cực giảm bớt sự quan tâm đến than đá và những nhiên liệu hóa thạch khác.
- *Thành công cô lập CO₂.* Một báo cáo gần đây của MIT nhấn mạnh một thực tế là cô lập CO₂ trên quy mô cần thiết để kiểm chế phát xạ của nhà máy nhiệt điện chạy than đơn lẻ chưa chứng tỏ được sự thành công. Báo cáo cũng chỉ ra rằng “các khu vực” đá xốp có khả năng chứa CO₂ có thể không đủ cho sự phát triển sử dụng khí nhà kính một cách rộng rãi để phục hồi các nhiên liệu hóa thạch.
- *Lợi ích của than hay thuộc tính bền vững.* Mặc dù Mỹ có trữ lượng than đá lớn nhất được biết đến trên thế giới có khả năng khai thác trong khoảng 200 năm, dấu hiệu cho thấy rằng có rất nhiều địa điểm khó khôi phục. Khi khai thác mỏ trở nên khó khăn hơn, các vấn đề an toàn mỏ và giá cả của than có thể trở thành một mối quan tâm lớn hơn.
- *Tình trạng ấm lên toàn cầu.* Tình trạng không chắc chắn chủ yếu là tốc độ và mức độ mà các chính sách chính phủ sẽ thúc đẩy sự phát triển các công nghệ năng lượng carbon thấp. Theo mức độ nguy hiểm của sự nóng lên toàn cầu ngày càng trở nên rõ ràng trong những năm tới, tác động của sự nóng lên toàn cầu đến chiều hướng phát triển công nghệ than sạch sẽ tiếp tục gia tăng.
- *Quy trình và tiến bộ công nghệ.* Các công nghệ xử lý than sạch đòi hỏi những cải tiến đáng kể về hiệu quả, chi phí của công nghệ, và khả năng để đạt được sự triển khai rộng khắp. Những tiến bộ trong khoa học vật liệu sẽ là một yếu tố quan trọng.
- *Cạnh tranh chi phí.* Những cạnh tranh về chi phí của năng lượng than sạch là một yếu tố quyết định lớn của sự thành công của nó trên thị trường. Người tiêu dùng sẽ bị lôi cuốn đến các nguồn năng lượng than sạch khi cạnh tranh chi phí thấp hơn các nhiên liệu thay thế.

Các mốc định hướng

Nhận định các vấn đề chính xác định công nghệ than sạch sẽ phát triển như thế nào và sự hiểu biết về tính không chắc chắn của các hạng mục quan trọng sẽ giúp chúng ta hiểu rõ hơn các động thái tiềm năng phát triển và ứng dụng mà chúng ta có thể nhìn thấy trong tương lai. Sự nâng cao nhận thức là cần thiết bởi vì Mỹ muốn xây dựng một chính sách và hành động trước.

Chuẩn bị cho một hệ thống theo dõi và phản hồi là cần thiết để nhận dạng các dấu hiệu chỉ ra sự tiến bộ của công nghệ than sạch được xúc tiến nhanh hay không. Những phát triển tiếp theo có khả năng xảy ra gần các năm đề xuất, và các sản phẩm của chúng sẽ ảnh hưởng mạnh mẽ đến tình trạng của các công nghệ than sạch. Sự xuất hiện của chúng sẽ chỉ ra rằng các vấn đề không chắc chắn đã được giải quyết theo hướng phát triển và ứng dụng tích cực của công nghệ than sạch.

- 2008 - Bộ Năng lượng Mỹ (DOE), Phòng Thí nghiệm Công nghệ Năng lượng Quốc gia bước vào “giai đoạn triển khai” của “Sáng kiến hợp tác khu vực” về cô lập carbon và bắt đầu những trình diễn quy mô lớn của các công nghệ CCS.
- 2010 - Tập đoàn than hóa dầu Shenhua (Trung Quốc) đã sản xuất 100.000 thùng dầu từ than
- 2012 - The 275-MW FutureGen chứng minh nhà máy điện IGCC sẵn sàng thu giữ từ 1 triệu đến 2,5 triệu tấn CO₂/năm và lưu giữ chúng dưới đáy biển sâu.
- 2015 - Giá khí đốt tự nhiên tăng quyết định kinh tế nghiêng về xây dựng nhà máy điện mới đối với than.
- 2020 - CCS có khả năng hỗ trợ các nhà máy điện chạy than mới cô lập được 90% lượng khí thải CO₂ sẽ trở nên có khả năng thương mại.

Theo dòng thời gian, trong đó những phát triển có khả năng xảy ra, một số chỉ dẫn quan trọng đặc biệt sẽ được dùng để theo dõi, giám sát để hiểu được định hướng, tiến triển của các lĩnh vực và đánh giá các mối đe dọa tiềm năng đối với các cơ hội mang lại lợi ích cho Mỹ. Các chỉ dẫn chính, trong đó, nếu xác thực, sẽ cho thấy tiến bộ về than sạch bao gồm:

- Nhu cầu toàn cầu về năng lượng.
- Sự phát triển của các nguồn năng lượng thay thế dựa vào carbon và phi carbon và hiệu quả kinh tế của chúng (ví dụ như: các NLSH, năng lượng mặt trời, năng lượng gió,...).
- Giá dầu so với năng lượng thay thế.
- Chính sách của chính phủ Mỹ quy định việc phát thải khí nhà kính, tăng hiệu quả năng lượng, đầu tư và trợ giá các nguồn năng lượng thay thế và tái tạo.
- Cô lập CO₂ thành công qua những phương tiện mạnh mẽ và kinh tế có thể tồn tại.

III. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO ROBOT DỊCH VỤ VÀ CÔNG NGHỆ INTERNET LIÊN KẾT MỌI VẬT

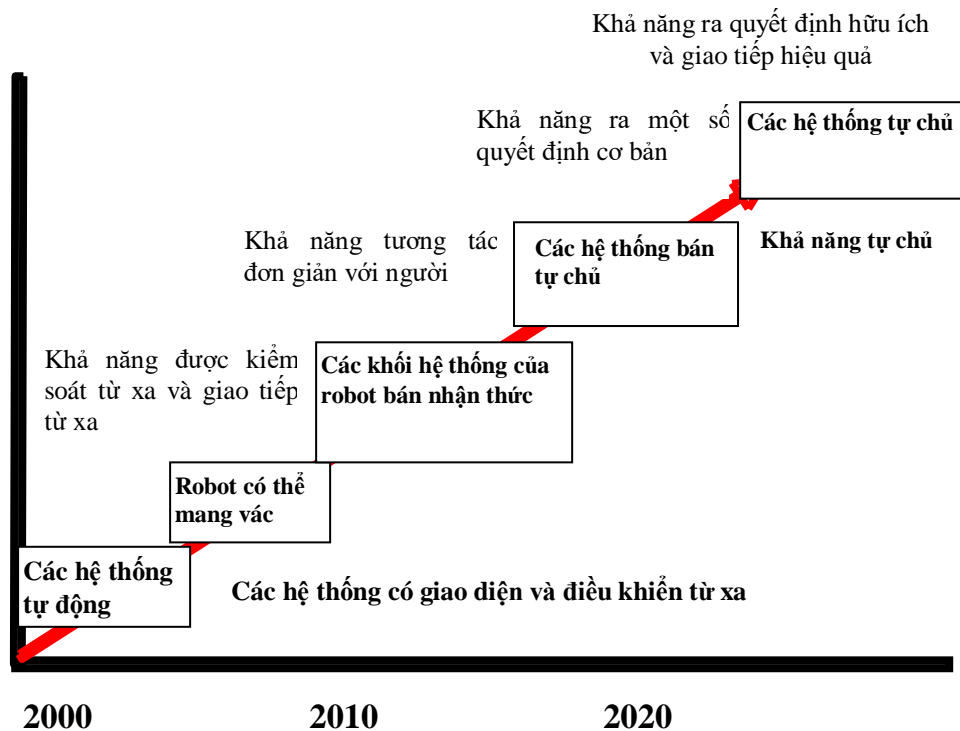
3.1. Robotics dịch vụ

Robot là một thiết bị cơ học có thể thực hiện được các nhiệm vụ được lập trình trước. Một robot có thể hành động dưới sự kiểm soát trực tiếp của con người (ví dụ như một máy bay không người lái) hoặc có thể tự hoạt động dưới sự kiểm soát của một máy tính được lập trình trước.

Theo IFR (International Federation of Robotics - Liên đoàn Robotics Quốc tế), một robot dịch vụ (service robot) là một loại robot tự thực hiện một phần hoặc đầy đủ các dịch vụ có ích, trừ các hoạt động chế tạo.

Robotics là một lĩnh vực công nghệ rộng, bao gồm cả tập hợp con các công nghệ tạo năng lực cao. Robotics là lĩnh vực ngày càng thu hút sự quan tâm, đầu tư và quảng bá rầm rộ. Các ứng dụng robot trong các lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, quân sự và phục vụ trong gia đình sẽ có thương mại hoá robotics dịch vụ nhiều nhất.

Robotics dịch vụ: Lộ trình công nghệ



Tại sao Robotics lại có tiềm năng lớn?

Công nghệ chế tạo robot đã có tiến bộ đáng kể. Các robot ứng dụng đơn giản và các hệ thống liên quan (gồm cả các loại xe hoạt động độc lập) đang có những ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực dân sự và quân sự. Mặc dù cần phải có sự nỗ lực lớn trong

ngiên cứu và phát triển, đặc biệt là về mặt trí tuệ robot, trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) hiệu quả, các giả thuật hay biểu lộ đáng điệu, nhưng cũng cần lưu ý rằng các khối bộ phận liên quan phục vụ cho các hệ thống robot đang được xây dựng và dự kiến sẽ được hoàn thiện vào năm 2025. Đó là các phần cứng (như các bộ cảm biến, bộ dẫn động và các hệ thống điện) và phần mềm (như platforms - hệ thống nền). Những ứng dụng nổi trội của công nghệ robotics là trong gia đình và quốc phòng. Ngoài ra, công nghệ này cũng có tiềm năng trong các khu vực ứng dụng khác, như xe cộ tự hoạt động.

Các vấn đề xung quanh sự phát triển Robotics

Những vấn đề liên quan đến năng lực công nghệ

Các robot di động và các hệ thống tự động bao gồm nhiều tiểu hệ thống. Tất cả các tiểu hệ thống riêng biệt và các thành phần của chúng phải cùng hoạt động để cho phép robot hoạt động tốt. Các công nghệ liên quan đến các hệ thống này sẽ phải cần tất cả những tiến bộ mới nếu các robot được sử dụng phổ biến trong các hộ gia đình và trong lĩnh vực an ninh.

Các công nghệ phần cứng: Các robot có giá hợp lý tiếp tục được chế tạo, thậm chí được chế tạo bằng các phần cứng thông thường, như các thiết bị điện tử, pin, mô tơ, các bộ cảm biến và các bộ dẫn động. Yếu tố chi phí - hiệu quả là rất quan trọng đối với công nghệ phần cứng.

Các nền phần mềm robot: các nền phần mềm robot đang sẵn có (như Evolution Robotics). Các hệ thống này có thể đem lại một phương pháp chi phí - hiệu quả trong chế tạo và vận hành các robot dùng trong gia đình và an ninh. Ngoài ra, các hệ thống này sẽ phải tiếp tục nâng cao chức năng của chúng.

Nhận thức và trí tuệ nhân tạo của robot: đó là sự phát triển của robot có khả năng nhận thức. Những tiến bộ trí tuệ nhân tạo và trong các công nghệ liên quan là sống còn đối với sự phát triển của các robot thông minh và tự chủ phục vụ các ứng dụng trong gia đình.

Trong số các công nghệ tạo hiệu năng cao, thì sự phát triển của các hệ thống trí tuệ nhân tạo hiệu quả đối với robot là quan trọng nhất. Tuy nhiên, một sự chuyển biến mô hình trong lĩnh vực máy tính và các công nghệ trí tuệ nhân tạo có tác động chính tới tương lai của robotics. Nếu robot đạt được khả năng thực hiện nhiều công việc trong gia đình và tương tác hiệu quả với con người trong xã hội, thì độ khôn khéo, tinh tế của hành vi ứng xử của robot này trở nên rất quan trọng. Các nghiên cứu cơ bản về tâm lý và thần kinh có thể đóng vai trò then chốt trong việc làm thế nào để con người và robot giao tiếp hiệu quả được với nhau. Sự phát triển của các hệ thống trí tuệ nhân tạo sẽ cho phép làm điều đó trước năm 2020 nếu có những điều kiện thuận lợi.

Các nhà nghiên cứu trên thế giới đang hy vọng sẽ sớm có một bước tiến quan trọng trong công nghệ liên quan đến robotics và trí tuệ nhân tạo. Khi đó, người ta có thể tạo ra các robot có khả năng nghĩ và hành động độc lập hay ít nhất cũng hành động với mức độ độc lập cao. Robot có thể thực hiện được các nhiệm vụ mà không cần sự can

thiệt của con người, như các nhiệm vụ quân sự (có thể chiến đấu thay thế binh sĩ), an ninh, giúp việc gia đình. Những robot này cũng thay con người trong các công việc nhàm chán, nguy hiểm. Việc sử dụng nhân lực robot thông minh có thể giúp nâng cao tính cạnh tranh của các ngành công nghiệp Mỹ.

Tuy nhiên, mức độ tự động hoàn toàn trong thực hiện các nhiệm vụ quân sự và trong gia đình có thể gây ra một số vấn đề tiêu cực. Chẳng hạn nếu các nhiệm vụ trong gia đình được thực hiện bởi robot, thì căn bệnh béo phì của con người sẽ ngày càng nghiêm trọng. Ngoài ra, cuộc sống của các gia đình và những người làm việc nhà (quét dọn, nấu ăn, làm vườn...) sẽ chịu tác động bởi việc sử dụng robot. Việc sử dụng robot trong những công việc đòi hỏi kỹ năng cao hiện nay cũng sẽ khiến nạn thất nghiệp gia tăng ở một số lĩnh vực.

Trí tuệ nhân tạo và cuộc sống nhân tạo: Một sự chuyển biến trong công nghệ liên quan đến AI, như các mạng lưới nơ ron, sẽ có ảnh hưởng lớn tới tương lai của robotics. Những cách tiếp cận AI từ dưới lên (Bottom-up) xuất phát từ sự hiểu biết về các hệ thống sinh học thực hiện sự cảm nhận phức tạp, nhận thức và thực hiện các nhiệm vụ vận động. Những cách tiếp cận từ trên xuống (Top - down) tìm cách tạo ra các robot thông minh bằng cách trang bị cho chúng các bộ cảm biến và các bộ xử lý. Cách tiếp cận Top - down được coi là cách tiếp cận thông thường và truyền thống hơn để theo đuổi sự phát triển robotics. Tuy nhiên, cách tiếp cận Bottom-up cũng phải cho thấy tiềm năng của nó, dù các nhà nghiên cứu đã thành công trong việc tạo ra các robot phỏng sinh học (biomimetic robot), tiệm cận được với động thái của một số động vật.

Các công nghệ liên quan đến di chuyển và năng lượng: Từ nguyên bản trong phòng thí nghiệm nghiên cứu đến mô hình sẵn sàng cho sản xuất, các robot di động cũng phải trải qua nhiều công đoạn khác nhau. Các nhà nghiên cứu một mặt vẫn tiếp tục tích hợp các công nghệ hiện tại vào trong robot, mặt khác lại triển khai thiết kế robot di động hoàn toàn mới. Nhiều robot di động đơn giản như dựa trên bánh răng, nhưng cũng có những robot dựa trên các hệ thống tinh vi, chẳng hạn như các robot di chuyển bằng 2 chân. Phần lớn các robot di động hiện nay dựa trên các công nghệ năng lượng điện hiện có (sử dụng pin hoặc mô-tơ), tuy nhiên các công nghệ này vẫn làm robot hạn chế về thời gian hoạt động. Sự phát triển trong công nghệ pin sẽ cải thiện đáng kể năng lực hoạt động của robot. Nhiều công ty hiện nay đang phát triển công nghệ pin nhiên liệu (fuel-cell technology) cho hàng loạt các sản phẩm, như điện thoại di động, máy tính xách tay. Việc sử dụng pin nhiên liệu trong các robot di động mới chỉ ở giai đoạn đầu, nhưng nhu cầu rất lớn đối với các robot dịch vụ sẽ thúc đẩy R&D loại pin này.

An toàn và các tiêu chuẩn robot: Trong một số ứng dụng, người sử dụng robot, người bán, người phát triển robot và các nhà cung cấp công nghệ sẽ cần phải phát triển các chuẩn cho các năng lực robot và khả năng tương tác và liên kết của các thành phần. Các bên tham gia phải hợp tác phát triển các chuẩn cho các robot dịch vụ chuyên nghiệp. Tuy nhiên, nói chung các tiêu chuẩn xung quanh robot cá nhân vẫn chỉ mới ở giai đoạn ban đầu trong thập kỷ này. Sự an toàn của bất kỳ công nghệ mới nào cũng là

vấn đề then chốt, đặc biệt là trong xã hội Mỹ. Nếu các robot thực hiện đầy đủ vai trò của chúng trong xã hội, trừ trong ngành công nghiệp, thì vấn đề đảm bảo an toàn là quan trọng hàng đầu.

Những công nghệ hỗ trợ liên quan

Robotics là lĩnh vực đa ngành và những tiến bộ khoa học và công nghệ có thể giúp nâng cao năng lực cho robot. Vì robot là các cỗ máy được máy tính kiểm soát, nên những tiến bộ phải đồng thời trong lĩnh vực phần cứng và phần mềm. Những tiến bộ về tốc độ của các bộ vi xử lý và những năng lực khác có thể ứng dụng trực tiếp để nâng cao tốc độ và năng lực cho robot. Một số lĩnh vực công nghệ liên quan then chốt là:

Công nghệ liên lạc không dây: Công nghệ không dây đã cho phép robot giao tiếp với thế giới bên ngoài. Công nghệ và hạ tầng không dây sẽ tiếp tục có những tiến bộ và điều này cho phép tăng vai trò hoạt động của robot.

Công nghệ cảm biến (về tầm nhìn, âm thanh, hồng ngoại, hoá chất...): Các robot đòi hỏi phải có các bộ cảm biến để thu thập dữ liệu nhằm thực hiện các nhiệm vụ. Các bộ cảm biến này phải cùng làm việc tốt, hay cần phối hợp cảm biến, nhưng cũng phải đảm bảo yếu tố chi phí - hiệu quả.

Các vật liệu và công nghệ điện tử tiên tiến: Những tiến bộ trong các bộ xử lý, các bộ phận vi điện tử khác và các bộ phận truyền động tiên tiến (ví dụ các cơ nhân tạo) sẽ cần phải được hoàn thiện về chức năng và khả năng thực hiện của robot, nhất là đối với các robot tiên tiến kích thước nhỏ nhưng độ phức tạp cao.

Các hệ thống điện chi phí thấp, hiệu suất cao và tiêu thụ ít năng lượng: Các robot hiện nay còn nhiều hạn chế về mặt này. Đối với một robot an ninh trong gia đình, nó cần phải làm việc trong thời gian dài mà không phải sạc hay tiếp nhiên liệu. Bên cạnh đó, quy trình sạc và tiếp nhiên liệu phải nhanh và tiện lợi. Các hệ thống năng lượng mới hoàn toàn phải có trước khi robot có thể hoạt động hiệu quả trong thời gian dài.

Các ứng dụng

Robot đang được sử dụng và phát triển để có thể thực hiện các nhiệm vụ khó khăn, nhàm chán, nguy hiểm. Ngoài ra nó cũng có thể được sử dụng cho các mục đích giải trí đơn thuần hoặc giáo dục.

Các robot công nghiệp đã tạo nên cuộc cách mạng trong một số ngành chế tạo. Ngành công nghiệp nói chung đang trong giai đoạn chín muồi với nhiều tiến bộ đáng kể trong 20 năm qua.

Các robot dịch vụ cũng được sử dụng trong lĩnh vực quân sự, trong gia đình và xã hội (như các robot đồ chơi, robot quét dọn... nhưng ảnh hưởng của chúng còn hạn chế). Tại Nhật Bản, các robot dịch vụ chuyên nghiệp đang phát triển nhanh trong các ứng dụng an ninh, lễ tân. Ngoài ra, các lĩnh vực cần có sự phối hợp trong sử dụng robot như y học (phẫu thuật) và viễn thông cũng đã được triển khai, với những công ty chuyên sản xuất robot loại này như Intuitive Surgical).

Robot trong quốc phòng: Khi được trang bị những công nghệ cảm biến tiên tiến, các robot có thể phát hiện những mối đe dọa nhanh hơn con người, điều này tạo lợi thế

trong chiến đấu và giám sát. Các robot mini và các đàn robot cũng sẽ rất hữu ích trong giám sát và tìm kiếm cứu hộ. Các robot tự chủ có thể cải thiện đáng kể hiệu quả của các lực lượng không quân và bộ binh. Ngoài ra, robot cũng sẽ giúp giảm số người chết và bị thương trong chiến đấu, mặc dù hiện nay chưa triển khai được robot chiến đấu trên chiến trường. Công ty Foster-Miller (Boston, Massachusetts) đã phát triển phiên bản robot Tlon UGV có thể mang được vũ khí (súng và ném được lựu đạn) có thể được sử dụng trong các cuộc xung đột vũ trang. Các hãng chế tạo robot đang nghiên cứu các công nghệ liên quan đến sinh học (bionic-related technologies) để tạo ra nhiều hệ thống cho các ứng dụng quốc phòng, từ các thiết bị có thể mang vác (cấu trúc giống như bộ xương người) tới các loại xe được kiểm soát bởi ý nghĩ.

Nhiều ứng dụng quân sự đang được tiến hành đặc biệt ở Mỹ. Xu hướng phát triển trong lĩnh vực này là tất yếu. Quân đội Mỹ đã xác định rõ ràng các mục tiêu về các năng lực tương lai của các hệ thống tự động. Tuy nhiên việc đạt được chúng vẫn còn là vấn đề gây tranh cãi, hơn nữa làm thế nào để biến các ứng dụng trong quân sự sang lĩnh vực dân sự.

Robot chăm sóc sức khỏe: Dân số đang già đi lại tạo cơ hội cho các nhà chế tạo robot. Cầu đối với những công nghệ hiện có (chẳng hạn như robot xe lăn) sẽ tăng đáng kể. Chăm sóc bệnh nhân cũng là một thị trường hứa hẹn đối với robot. Các thử nghiệm ở Nhật Bản cho thấy, giống như các con vật thân thuộc trong nhà, robot cũng có thể giao tiếp và làm bạn với người già. Các robot loại này đang được phát triển nhanh.

Robot dùng trong gia đình: Các robot hiện nay có thể thực hiện được các công việc trong nhà, như quét dọn, cắt cỏ. Các robot làm việc nhà được dự báo là sẽ trở nên phổ biến trong vài năm tới. Tuy nhiên, để có thể làm được nhiều việc nhà thì các robot cần phải được trang bị những công nghệ tiên tiến hơn nữa. Bên cạnh đó cũng cần phải có tiến bộ lớn trong công nghệ điện tử tiêu dùng và công nghệ mạng, đặc biệt là mạng không dây, vì robot là một phần di động của một mạng lưới các công cụ trong gia đình.

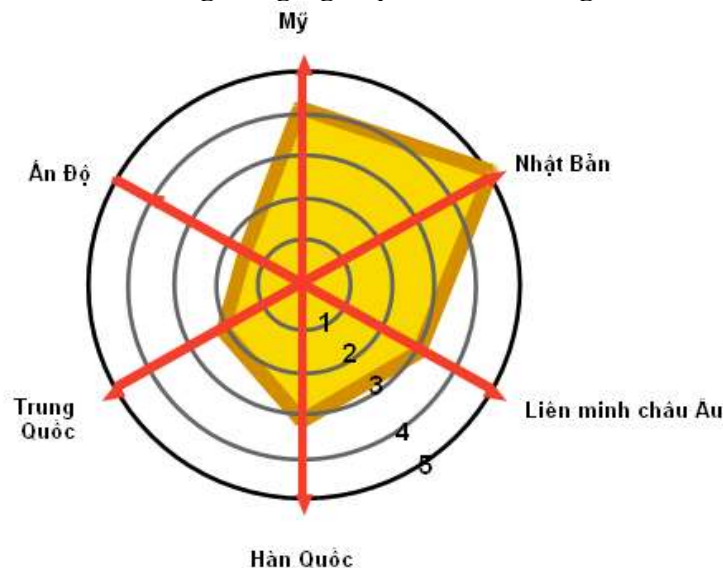
Các ứng dụng nguy hiểm có thể: Mặc dù các nhà chế tạo đã có nhiều nỗ lực hướng tới thương mại hoá các robot dịch vụ, tuy nhiên mặt trái của những ứng dụng vẫn chưa thể lường hết trong tương lai. Việc kiểm soát các ứng dụng nguy hại trong tương lai là rất khó và cần phải có định hướng, nhất là các robot quân sự.

Phổ biến ứng dụng công nghệ robotics trong các lĩnh vực khác: Các giải pháp trong tương lai không chỉ dành cho robot mà nhiều lĩnh vực khác có thể ứng dụng. Chẳng hạn việc phát triển các công nghệ phần mềm hiệu năng cao được thiết kế đặc biệt cho robot cũng có thể có những ứng dụng trong lĩnh vực khác. Các thiết bị được tạo ra có thể được sử dụng cho những chức năng đặc biệt của robot, nhưng cũng có thể áp dụng được cho các loại xe tự động và các công nghệ giúp nâng cao năng lực cho con người (Human Augmentation Technologies, như cấy ghép các thiết bị, giao diện não, chọn lựa gen, quan sát hồng ngoại...).

Dự báo các ứng dụng robotics

Loại ứng dụng	Kinh doanh hiện thời	Các cơ hội tạo ra các thành tựu công nghệ	
		Năm 2015	Năm 2020
Quốc phòng	<ul style="list-style-type: none"> Các máy bay tự động (UAV - <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>), Các xe tự hành mặt đất (UGV - <i>Unmanned Ground Vehicle</i>), Các robot y học 	<ul style="list-style-type: none"> Công nghệ nâng cao năng lực cho con người trong lĩnh vực quân sự Các robot chiến đấu chưa tự chủ 	<ul style="list-style-type: none"> Các đàn robot Các tiêu robot (đạt đến khả năng tự chủ)
Dịch vụ chuyên nghiệp	Các robot chưa tự chủ	Hỗ trợ nơi công sở	Các robot lao động kỹ năng cao
Trong gia đình	Các robot bán tự chủ sử dụng cho các công việc đơn giản	Robot đồ chơi trở thành Robot công cụ	Trợ giúp việc nhà
Chăm sóc sức khỏe	<ul style="list-style-type: none"> Robot phẫu thuật và Y học từ xa Tự động hoá trong ngành dược 	Liệu pháp nâng cao năng lực cho con người	Robot chăm sóc người già
Phổ biến công nghệ cho các mục đích sử dụng khác	Các xe được trang bị các thiết bị hỗ trợ con người	Điện tử tiêu dùng	Các xe tự động

Hiện trạng công nghiệp robotics thế giới



Hình trên với các vòng tròn thể hiện các mức độ tiến bộ của các nước trong R&D và thương mại hoá robotics

Vòng 1: Trong chế tạo là chủ yếu

Vòng 2: Công nghiệp robotics mới xuất hiện; R&D ở một số trường đại học

Vòng 3: Một số công ty robotics được thành lập; những nỗ lực R&D then chốt được tiến hành

Vòng 4: Các công ty hàng đầu và trung tâm xuất sắc được thành lập

Vòng 5: Dẫn đầu thế giới trong R&D và thương mại hoá robotics.

Các tổ chức quân sự có thể chi những khoản tài chính lớn cho R&D trong lĩnh vực robotics và đây là mảnh đất màu mỡ cho sáng tạo công nghệ. Tính chất toàn cầu và sự tham gia của các nước cũng rất quan trọng. Hai nước đi đầu và có vai trò dẫn dắt sự phát triển của robotics là Nhật Bản và Mỹ. Các nhà nghiên cứu Nhật Bản (cả trong các tập đoàn và các cơ quan nghiên cứu hàn lâm) vẫn đang có nhiều bước tiến lớn trong lĩnh vực robot dáng người, robot giải trí và robot trong gia đình. Các nhà nghiên cứu robotic của Mỹ cũng có những tiến bộ trong chế tạo các xe tự động, robot an ninh, robot quốc phòng và robot dùng trong gia đình. Các nhà nghiên cứu Mỹ và Nhật Bản đang cũng có những bước tiến quan trọng về robot y học và những công nghệ nâng cao năng lực của con người. Tuy nhiên, các nước khác cũng đang nỗ lực phát triển ngành công nghiệp robotics phi công nghiệp của mình, như Trung Quốc, Hàn Quốc và các nước phát triển trong EU.

Những mốc định hướng

Việc xác định các vấn đề chính sẽ quyết định robotics phát triển thế nào và giúp chúng ta hiểu rõ hơn những động lực tiềm tàng trong phát triển và ứng dụng robotics. Mỹ đang muốn đi đầu trong hình thành chính sách cũng như trong hành động. Những mốc quan trọng, gồm những mốc đã diễn ra và dự báo sẽ diễn ra, đã được các nhà nghiên cứu vạch ra:

- Năm 2007: Cuộc đua của những ô tô robot tự lái cuộc đua xuyên sa mạc (DARPA Urban Challenge) cuối cùng đã có đội về đích. Các xe đua tham gia, xe robot tự lái, được tổ chức lần đầu tiên tại Mỹ năm 2004, nhìn từ xa, chúng không khác những xe đua thông thường đang lao vùn vụt trên đường đua mịt mù bụi cát. Tuy nhiên, cuộc tranh tài này hấp dẫn và đáng nói ở chỗ các xe không có người ngồi sau tay lái cũng như không có sự can thiệp của thiết bị điều khiển từ xa. Phần thưởng dành cho chiếc xe hoàn thành đường đua khoảng 217 km trong thời gian ngắn nhất là 2 triệu USD. Đơn vị tổ chức Grand Challenge là Cơ quan các dự án nghiên cứu phòng vệ tiên tiến (Darpa) trực thuộc Bộ Quốc phòng Mỹ. Hiện nay, Darpa đang đẩy mạnh nghiên cứu và phát triển công nghệ không người lái;
- Năm 2009: Kế hoạch hiện đại hóa chính của Lục quân Mỹ là chương trình FCS (Future combat systems, có nghĩa là Hệ thống chiến đấu tương lai) được thực hiện;
- Năm 2010: Quân đội Trung Quốc chế tạo robot quân sự;
- Năm 2011: Hãng WowWee cho ra Robosapein V10, một loại robot đồ chơi có khả năng nhận biết và lấy các đồ vật của người dùng xung quanh nhà;
- Năm 2012: Giao diện máy - não được phát triển cho phép kiểm soát không xâm lấn các thiết bị;
- Năm 2014: Các robot được sử dụng bên cạnh những người lính trong các tình huống chiến đấu (các xe chiến đấu không người lái - lính robot có thể bắn kẻ thù);
- Năm 2015: Thị trường robot phi công nghiệp toàn cầu đạt 15 tỷ USD;
- Năm 2019: Nhật Bản và Hàn Quốc cho ra đời robot bán tự chủ giúp việc trong gia đình được;

- Năm 2020: Các xe tự động được kiểm soát bằng ý nghĩ được sử dụng trong các hoạt động quân sự;
- Năm 2025: các robot tự chủ có được các ứng dụng đầu tiên.

Những tác động tiềm năng của Robotics đối với Sức mạnh quốc gia của Mỹ

Robot được tạo ra để thay thế con người trong nhiều lĩnh vực ứng dụng, với mỗi lĩnh vực ứng dụng lại có những ứng dụng xa hơn khác đầy tiềm năng. Mặc dù các robot thông minh chưa chắc đã xuất hiện vào năm 2025 (rào cản chính ở đây là AI), công nghệ robotics vẫn có tiềm năng tác động đến 4 yếu tố sau của sức mạnh quốc gia:

Địa chính trị: Công nghệ robotics không được mong đợi làm biến chuyển địa chính trị trừ khi có tiến bộ to lớn về công nghệ AI. Tuy nhiên, việc sử dụng các hệ thống vận hành tự động cho các hoạt động khủng bố có thể nổi lên vào năm 2025, vì năng lực của các phần mềm nền tảng cho robot được nâng cao đáng kể.

Kinh tế: Thị trường toàn cầu cho robotics phi công nghiệp có thể đạt 15 tỷ USD vào năm 2015. Đây có thể sẽ là một ngành công nghiệp mới quan trọng, có tác động đáng kể đối với kinh tế Mỹ.

Quân sự: Trong số 4 yếu tố của sức mạnh quốc gia, công nghệ robotics có ảnh hưởng nhất tới yếu tố quân sự. Nhiều loại robot và các hệ thống tự động tương tự đã và đang được triển khai, mặc dù năng lực của chúng còn hạn chế. Vào năm 2025, các hệ thống tự động có mức độ độc lập cao hơn sẽ được triển khai, cùng với đó là các công nghệ liên quan mật thiết (chẳng hạn như các hệ thống tăng cường năng lực cho con người - Human Augmentation Systems), sẽ gia tăng năng lực đáng kể của binh sĩ. Trong lĩnh vực này Mỹ vẫn dẫn đầu thế giới.

Văn hoá: Robotics có thể gây ảnh hưởng tới một số lĩnh vực then chốt liên quan đến sự gắn kết xã hội. Sự phát triển các robot cho các ứng dụng chăm sóc người già và sự phát triển của những công nghệ nâng cao năng lực cho con người cho thấy rằng các robot có thể làm việc bên cạnh con người, chăm sóc con người vào năm 2025 (đặc biệt là ở Nhật Bản và Hàn Quốc). Tuy nhiên, việc quá dựa vào các thiết bị tự động như các robot dùng cho gia đình có thể gia tăng bệnh béo phì. Một sự thay đổi trong trách nhiệm xã hội và gia đình và sự thay đổi trong các yêu cầu về lao động trong nước có thể khiến thu nhập của nhân công trong ngành dịch vụ giảm.

Cơ hội đang đến với Mỹ, đặc biệt là các công ty Mỹ, để tiếp tục giữ vị trí dẫn đầu trong các công nghệ robotics, nhất là trong quốc phòng và robot dùng cho gia đình. Cơ hội cũng còn đối với các đồng minh của Mỹ trong việc phát triển các robot quân sự và các công nghệ liên quan. Bên cạnh đó, các nhà nghiên cứu Mỹ phải tiếp tục nỗ lực đi đầu trong lĩnh vực AI và giao diện người-robot, để tránh bị tụt hậu so với Nhật Bản và Hàn Quốc. Liệu các công ty của Mỹ, Hàn Quốc, Nhật Bản và EU có gặp phải sự cạnh tranh từ các công ty của Trung Quốc trong lĩnh vực robot gia đình và robot giải trí vào năm 2025? Điều này là có thể, vì cần thấy rằng Trung Quốc cũng đang phát triển robot quân sự.

Các kịch bản tương lai và những tác động tiềm ẩn đối với Mỹ

Những điều không chắc chắn chính gắn với tương lai của các công nghệ robotics có thể được thể hiện theo các hướng chính:

- Tiến bộ công nghệ.

- Sự quan tâm trên toàn cầu và cấp vốn.

Điều không chắc chắn liên quan tới hướng “tiến bộ công nghệ” là những rủi ro kỹ thuật và những lỗ hổng về tri thức sẽ dẫn tới những robot vô dụng đối với các ứng dụng thương mại hoặc dẫn tới một môi trường của nhiều liên kết yếu với những kết quả ngoài mong ngóng, không thể nhận thức được. AI trong robot là bộ vi phân chính (Differentiator) tạo nên sự khác biệt.

Trục về “cấp vốn và quan tâm toàn cầu” sẽ bị tác động bởi các tiến bộ công nghệ. Các chính phủ và các tập đoàn công nghiệp hoặc sẽ hào hứng và hoàn toàn ủng hộ về robotics, hay cũng có thể thận trọng dẫn đến có thể cắt vốn hoặc cắt các chương trình R&D.

Theo hai hướng trục này, có 4 kịch bản: “Các sản phẩm theo phân khúc thị trường nhỏ” (Niche Products), “Mất kiên nhẫn” (Loss of Patience), “Gần như tự trị” (Quasi-Autonomy) và “Một thế giới tự chủ” (Autonomous World). Các trục hướng và các kịch bản được mô tả khái quát ở bảng dưới đây:

Robotics: các kịch bản tương lai

		Tiến bộ công nghệ	
		Những liên kết yếu	Những chuyên biên tích cực
Sự quan tâm trên toàn cầu và cấp vốn	Sự suy yếu của Chính phủ và kém quan tâm của ngành công nghiệp	Các sản phẩm theo phân khúc thị trường nhỏ	Thiếu kiên nhẫn
	Hỗ trợ, cấp vốn và quy định điều chỉnh	Gần như độc lập/tự chủ	Một thế giới tự chủ

Kịch bản 1: Mất kiên nhẫn

Mặc dù năm 2025 có những phát triển chính diễn ra ở nhiều công nghệ, nhất là về mặt trí tuệ nhân tạo, nhưng những sự phát triển này diễn ra quá chậm khiến những công ty nắm giữ công nghệ robotics mất kiên nhẫn và rẽ sang phát triển các sản phẩm và dịch vụ khác. Thay vì nỗ lực thương mại hoá robot, những ai nắm giữ công nghệ robotics lại muốn những tiến bộ công nghệ nhanh chóng được chuyển sang cho các sản phẩm và dịch vụ khác, nhất là lĩnh vực như chế tạo ô tô và hàng điện tử tiêu dùng. Việc thiếu một cách tiếp cận tích hợp làm hạn chế tác động chung của một số tiến bộ đáng kể trong công nghệ robots, và do đó cơ khí chế tạo chi phí thấp là phi thực tế. Mặc dù một số loại robot độc lập được sử dụng trong một số ứng dụng (nhất là các ứng dụng trong quốc phòng), nhưng các robot vẫn quá đắt trong nhiều lĩnh vực ứng dụng. Nhìn chung, cấu trúc của ngành công nghiệp robotics theo kịch bản này vẫn không thay đổi.

Kịch bản 2: Gần như tự chủ

Trong kịch bản này chúng ta chỉ thấy những tiến bộ dần dần và bình thường trong các công nghệ tạo khả năng then chốt (Key Enabling Technologies) liên quan tới robotics. Enabling Technologies là một khái niệm công nghệ mới bao trùm các lĩnh vực tin học, máy tính (cả phần mềm), các thiết bị và các hệ thống, viễn thông và cơ khí tiên tiến. Enabling Technologies có các ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khoa học, công nghiệp, môi trường, nông nghiệp... Nó là nền tảng cho xây dựng các ngành công nghiệp có hàm lượng tri thức cao, có thể tạo ra làn sóng việc làm mới, trình độ cao và bền vững. Chẳng hạn nó cho phép một công ty hoàn thành một nhiệm vụ, một mục tiêu hoặc chiếm lĩnh hay duy trì một lợi thế cạnh tranh.

Đặc biệt, sự phát triển của các công nghệ máy tính tiên tiến và các hoạt động R-D robotics nhận thức (R&D cognitive-robotics) chưa cho phép có sự chuyển biến đáng kể trong robotics thông minh. Tuy nhiên, những tiến bộ trong các công nghệ khác ít then chốt hơn lại diễn ra, và các hệ thống robot đơn giản bắt đầu trở nên cực kỳ phổ biến trong các ứng dụng gia đình. Những thành công về thương mại hoá trong các ứng dụng này sẽ tạo ra sự quan tâm trong cấp vốn cho R&D robotics và các công ty trong lĩnh vực này bắt đầu cho ra các robot với mức giá có thể chấp nhận được. Các tiêu chuẩn quốc tế cũng được phát triển, và một vài sự hợp nhất diễn ra trong ngành công nghiệp robot phi công nghiệp. Chuyển giao công nghệ cho các ứng dụng khác vẫn tiếp tục và các loại xe cộ được trang bị nhiều hơn, các thiết bị hỗ trợ gần như có mặt khắp mọi nơi.

Kịch bản 3: Các sản phẩm theo phân khúc thị trường nhỏ

Theo kịch bản này, các tiến bộ trong robotics và vô số những công nghệ của nó chưa bao giờ xuất hiện. Đặc biệt, R&D liên quan tới trí tuệ nhân tạo và khoa học nhận thức (cognitive science) không đủ tiến xa. Mặc dù có một số tiến bộ xuất hiện, nhưng không có một bước đột phá nhỏ nào về các vấn đề mới và các vấn đề mang tính rào cản cho tiến bộ. Nghiên cứu liên quan tới trí tuệ nhân tạo trở nên “u ám”. Sự thiếu những tiến bộ trong robotics cũng không được cải thiện từ sự tiến bộ trong lĩnh vực điện tử tiêu dùng, công nghệ mạng kết nối các hộ gia đình. Con người không cần robot để giúp đỡ mình. Robotics tiếp tục đối mặt với việc tìm kiếm đủ các ứng dụng khả thi để duy trì một ngành công nghiệp đang phát triển. Sự quan tâm, chú ý trong cấp vốn cho R&D giảm đi và các công ty hàng đầu lần lượt từ bỏ R&D robotics. Các tiêu chuẩn quốc tế không được phát triển. Dù có một số thay đổi tích cực diễn ra trong ngành công nghiệp robotics phi công nghiệp, tuy nhiên nhìn chung cấu trúc của ngành công nghiệp vẫn không thay đổi, với các công ty chính sản xuất các sản phẩm đặc thù liên quan tới robot trong giải trí, vận tải, gia đình và quốc phòng. Các sản phẩm này dành cho phân khúc thị trường nhỏ. Ngành cơ khí chế tạo chi phí thấp là chìa khoá sự tăng trưởng được tiếp tục.

Các cơ hội tiềm năng. Mỹ đang có vị thế tốt để tiếp tục vai trò dẫn đầu trong phát triển robot cho các ứng dụng theo phân khúc, nhất là phân khúc robot quân sự. Việc cấp vốn bị cắt giảm đối với một số hoạt động R&D trình độ cao, nhưng lại gia tăng và tập trung vào phát triển các công nghệ chiến lược then chốt, như UCVs (unmanned combat vehicles - các xe chiến đấu tự động) và robotics có khả năng mang vác. Điều này giúp Mỹ có được lợi thế rõ ràng so với kẻ thù trong mọi cuộc xung đột. Vào năm 2020, số lượng các binh sĩ Mỹ chết trong chiến tranh sẽ giảm đáng kể nhờ áp dụng các hệ thống tự động.

Những thách thức tiềm năng: Mặc dù Mỹ vẫn tiếp tục dẫn đầu thế giới trong robotics quốc phòng, nhưng công nghệ robotics nói chung vẫn chưa có đủ chuyển biến để có thể trở thành lợi thế chiến lược. Mặc dù Mỹ đang có vị thế tốt để ứng phó với nhiều dạng thách thức thông qua việc sử dụng các hệ thống tự động (nhất là các chiến thuật du kích), nhưng các nước khác cũng bắt đầu ứng dụng các hệ thống tự động để tăng cường sức mạnh của họ và chạy đua với Mỹ, như Trung Quốc, nước đang phát triển và thương mại các robot dùng cho gia đình vào năm 2015. Việc hỗ trợ cho R&D có nghĩa là các trung tâm xuất sắc cũng như các viện hàng đầu về R&D robotics (như Carnegie Mellon và MIT) của Mỹ phải giảm đáng kể hoạt động của họ.

Kịch bản 4: Thế giới tự chủ

Trong kịch bản này, có nhiều tiến bộ lớn diễn ra trong các công nghệ then chốt liên quan tới robotics. Đặc biệt, sự phát triển của các công nghệ máy tính tiên tiến và hoàn thiện R&D về robotics - nhận thức cho phép một sự chuyển biến lớn trong lĩnh vực robotics thông minh. Mặc dù các robot thông minh tiên tiến vẫn còn quá đắt đối với phần lớn mọi người, nhưng các robot vẫn bắt đầu được sử dụng cho một số ứng dụng then chốt. Tại Nhật Bản, nhiều robot được sử dụng cho chăm sóc người già và các robot có thể thực hiện nhiều công việc có tính chất lặp đi lặp lại hoặc các công việc khó. Bên cạnh đó, các tiến bộ này đều nhận được

sự quan tâm lớn và chuyển giao công nghệ cho các ứng dụng khác trở nên phổ biến. Vào năm 2020, ngay cả một robot giải trí đơn giản cũng có thể thực hiện được một số nhiệm vụ giúp con người xung quanh nhà (như an ninh và dọn dẹp). Điều quan trọng là robot khi đó trở thành một cái gì đó “phải có” đối với nhiều người. Lúc này sẽ nổi lên một ngành công nghiệp robotics - tiêu dùng thực sự. Ngoài ra, các công nghệ khác cũng được hưởng lợi từ các tiến bộ của công nghệ robotics, chẳng hạn xe cộ hoàn toàn tự động là “chuyên bình thường”.

Những cơ hội: Với những đột phá và phát triển diễn ra trong công nghệ robotics tại các trường đại học và nắm giữ những patent cốt lõi cho thương mại hoá kết quả nghiên cứu, Mỹ và Nhật Bản vẫn đi đầu trong các hoạt động thương mại hoá các kết quả nghiên cứu và phát triển robotics. Tiếp theo là châu Âu và Hàn Quốc. Cộng đồng nghiên cứu hàn lâm của Mỹ hưởng lợi lớn từ chính sách tập trung cho nghiên cứu. Nhờ đó hoạt động chuyển giao công nghệ trở nên sôi động, tạo nên kỷ nguyên mới cho hoạt động kinh tế được dẫn dắt bởi công nghệ, làm thúc đẩy sự phát triển kinh tế. Các công ty Mỹ tiếp tục đầu tư vào robotics và các công nghệ gắn kết và xuất hiện các tiêu chuẩn toàn cầu áp dụng cho lĩnh vực robot. Quân đội Mỹ đạt và vượt các mục tiêu (được lập vào những năm 2000) đối với việc triển khai các hệ thống tự động. Robot có thể thay thế nhân công trong một số vị trí công việc chế tạo kỹ năng cao. Từ đó thúc đẩy tính cạnh tranh trong ngành chế tạo của Mỹ (Nhật bản cũng nằm trong trường hợp này).

Những thách thức: Kịch bản này có thể có những tác động về nhân khẩu và kinh tế và các nhà hoạch định chính sách chưa lường hết được. Khi mà có những robot có thể thay thế con người ở những vị trí đòi hỏi kỹ năng cao, thì thất nghiệp đối với lao động chân tay phổ thông là vấn đề đương nhiên vì các robot thay thế lao động giản đơn đã quá phổ biến. Tính cạnh tranh sẽ ngày càng gia tăng trong ngành chế tạo tự động hoàn toàn ở Mỹ và Nhật Bản. Ngược lại, tính cạnh tranh trong ngành này của Trung Quốc yếu đi, lợi thế giá nhân công rẻ trở nên vô nghĩa và xuất hiện dấu hiệu suy giảm kinh tế, thậm chí sụp đổ kinh tế trong khu vực. Tại Mỹ, nhà và xe có sự gia tăng về trang thiết bị do mọi thứ đều tự động hoá, tính toán tối ưu mức độ tiết kiệm chi phí, năng lượng tiêu thụ của các thiết bị cá nhân. Tuy nhiên, mức độ tự động hoá cao có thể lại càng làm gia tăng căn bệnh béo phì trong xã hội. Ngoài ra, việc sử dụng các robot tiên tiến cho các ứng dụng về an ninh (kể cả các robot mini và các hệ thống xe tự động) dẫn tới căng thẳng và chia rẽ trong xã hội ở một số nước.

Những lưu ý

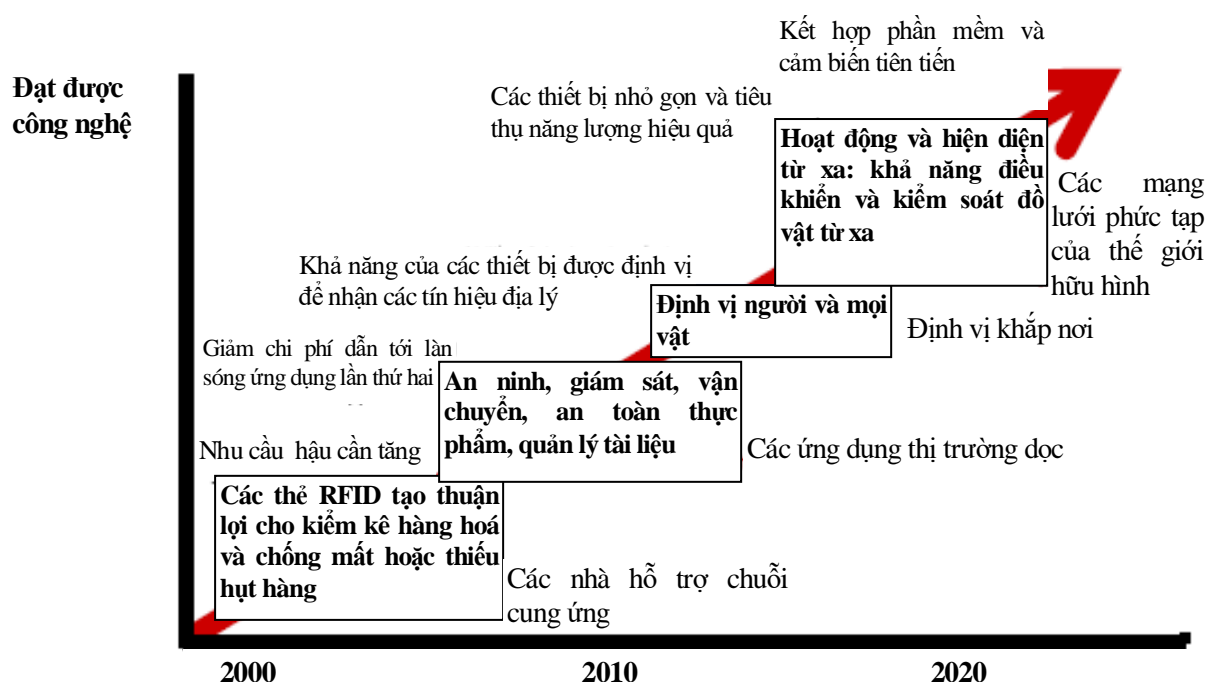
Các kịch bản đều có thể xảy ra do tính không chắc chắn của mọi cách nhìn về tương lai. Việc xác định kịch bản nào tốt nhất phản ánh hiện thực ở bất kỳ thời điểm nào phụ thuộc vào sự đánh giá một cách cẩn thận những thông tin và tri thức đáng tin cậy, đồng thời theo sát những chỉ báo về hướng và nhịp độ phát triển của các lĩnh vực công nghệ có tiềm năng lớn đối với Mỹ. Các tham số chủ yếu, nêu tích cực, phản ánh môi trường thuận lợi cho sự phát triển công nghệ robotics, gồm:

- Bản chất và quy mô của đầu tư cho robotics ở Mỹ,
- Các chủ thể liên quan trong R&D robotics. Liệu có những công ty mới nào đầu tư lớn vào robotics tiếp theo những người khổng lồ trong lĩnh vực này, như Sony hay Microsoft;
- Mức độ cấp vốn toàn cầu cho nghiên cứu robotics, liệu đầu tư có tiếp tục tăng hay bị cắt giảm;
- Đồ chơi trở thành công cụ: khi robot đồ chơi có khả năng thực hiện một nhiệm vụ có ích trong nhà (như lấy ra được một đồ vật cho người sử dụng);
- Thiết lập các trung tâm xuất sắc trong nghiên cứu robotics bên ngoài nước Mỹ và xây dựng các mô hình cho nghiên cứu và thương mại hoá;
- Hoàn thành bước đầu các chương trình nghiên cứu quốc tế đối với sự phát triển của robot có khả năng nhận thức;

- Phát triển các giao diện não - máy;
- Sự bùng nổ các robot của Trung Quốc dùng trong gia đình, cho ngành dịch vụ và quốc phòng;
- Sự phát triển của các loại xe tự động có khả năng hoạt động độc lập dùng cho cả lĩnh vực dân sự và quân sự;
- Ứng dụng và phát triển các chuẩn quốc tế cho các robot gia đình, dịch vụ và quân sự.

3.2. Internet liên kết mọi vật (Internet of Things)

Lộ trình công nghệ



Thuật ngữ Internet of Things (IoT) được nêu ra bởi một thành viên của cộng đồng phát triển công nghệ RFID vào năm 2000, ám chỉ khả năng khám phá, khai thác thông tin về đồ vật được gắn nhãn theo công nghệ RFID (Nhận dạng tần số sóng vô tuyến - Radio Frequency Identification) thông qua một địa chỉ Internet hoặc vào cơ sở dữ liệu ứng với RFID. IoT thể hiện một ý tưởng chung về các đồ vật, nhất là các đồ vật thông thường hàng ngày, mà người ta có thể đọc được nó, nhận ra được nó, định vị và xác định địa chỉ của nó hoặc kiểm soát được nó thông qua Internet, qua công nghệ RFID, mạng LAN hoặc các phương tiện khác. Những đồ vật hàng ngày này không chỉ là các thiết bị điện tử mà cả những đồ thông thường như thực phẩm, quần áo, vật liệu... kể cả những đường ranh giới, các công trình nhà ở.

Trong công nghệ IoT, bản chất của sự kết nối vẫn còn thông qua giao thức Internet (Internet Protocol), nhưng bên cạnh đó người ta cũng muốn nhấn mạnh tới công nghệ kết nối RFID. IoT không thể tách rời các mạng cảm biến giám sát đồ vật. Cả các đồ

vật hàng ngày được kết nối và các mạng cảm biến đều cần những tiến bộ công nghệ để hướng đến tiêu hoá, giao tiếp không dây và tiêu thụ năng lượng hiệu quả. Hai phương thức kết nối của IoT: Đồ vật - với - người (Thing-to-person) và ngược lại là giao tiếp dựa trên một số công nghệ cho phép con người tương tác với đồ vật và ngược lại, gồm cả truy cập từ xa tới đồ vật; Đồ vật với đồ vật (Thing-to-thing) là giao tiếp dựa trên một số công nghệ cho phép các đồ vật hàng ngày và các cơ sở hạ tầng tương tác mà không cần qua con người. Các đồ vật có thể theo dõi, kiểm tra đồ vật khác, báo cho con người nếu cần. Giao tiếp máy với máy là một phần trong giao tiếp đồ vật với đồ vật, nhưng nó là giao tiếp trong hệ thống công nghệ thông tin diện rộng và có thể không phải là “các đồ vật hàng ngày”. Các đồ vật chứa bộ cảm biến có thể kết nối với các đồ vật khác và có thể được kiểm soát bởi con người hoặc máy.

Tại sao công nghệ IoT lại có tiềm năng lớn?

Các cá nhân, doanh nghiệp và chính phủ không lường hết được các vấn đề trong tương lai khi Internet hiện diện trong mọi đồ vật hàng ngày, như vật gói thức ăn, đồ nội thất, giấy văn phòng... Những cơ hội và rủi ro trong tương lai sẽ lớn hơn khi mà con người điều khiển, kiểm soát và định vị mọi thứ từ xa. Những nhu cầu thường ngày kết hợp với những tiến bộ công nghệ có thể dẫn tới sự phổ biến rộng rãi của cái gọi là “Internet liên kết mọi vật” mà đóng góp của nó cho sự phát triển kinh tế Mỹ được coi là như Internet ngày nay. Khi mọi đồ vật đều ẩn chứa những rủi ro an ninh thông tin, thì “Internet liên kết mọi vật” có thể càng làm gia tăng những rủi ro này so với Internet hiện nay tạo ra.

Ứng dụng chủ yếu

Thương mại hoá và ứng dụng của các tổ chức chính phủ là yếu tố then chốt cho tiến bộ và phát triển của IoT. Ứng dụng then chốt đầu tiên là của các nhà bán lẻ, các đại siêu thị và các công ty hậu cần. Các ứng dụng RFID phụ thuộc mạnh mẽ vào các nhà bán lẻ, các công ty hậu cần, bao gói và vận tải hàng hoá. RFID là một phương pháp nhận dạng tự động dựa trên việc lưu trữ dữ liệu từ xa sử dụng thiết bị thẻ RFID và một đầu đọc RFID. Công nghệ RFID lại mở ra một hướng phát triển mới đó chính là Wi-Fi RFID, sử dụng những thẻ RFID lớn hơn với lượng pin mạnh hơn nhưng lại đắt tiền hơn có thể được nhận dạng từ những khoảng cách lớn hơn mở ra một hướng ứng dụng mới từ việc quản lý container ở cảng đến quản lý căn cước sinh viên của hệ thống an ninh trong các trường đại học.

Thẻ RFID được đưa vào sử dụng trong rất nhiều lĩnh vực như: quản lý đối tượng, quản lý nhân sự, quản lý hàng hóa bán lẻ trong siêu thị, nghiên cứu động thực vật học, quản lý hàng hóa trong xí nghiệp hay nhà kho, quản lý xe cộ qua trạm thu phí, làm thẻ hộ chiếu ...Thí dụ, bạn vào trong một siêu thị để mua đồ, mọi hàng hóa đều được gắn với một thẻ RFID, một đầu đọc RFID sẽ ghi lại mọi thông tin về giá sản phẩm bạn mua khi bạn đi qua quầy thu ngân chỉ trong tích tắc. Như vậy, bạn sẽ tiết kiệm được rất nhiều thời gian và tâm lý thoải mái, thay vì việc đứng hàng giờ chờ thanh toán. Sở dĩ nhanh như vậy vì về tốc độ, máy đọc xử lý từ 50-2000 thẻ RFID trong một giây,

nhau gấp 40-1600 lần so với việc quét mã vạch. Kích cỡ của thẻ cũng rất nhỏ. Ví dụ: thẻ sử dụng trong sản phẩm quần áo của hãng Benetton còn bé hơn hạt gạo.

Năm 2010 số thẻ RFID được sản xuất ra trên phạm vi toàn cầu sẽ gấp 25 lần sản lượng của năm 2005, hàng chục tỷ thẻ. Tổng thị phần có thẻ sẽ rất lớn tương đương với 14 tỉ USD vào năm 2011. Và vì thế chi phí cho mỗi thẻ sẽ giảm xuống và các hướng phát triển mới sẽ xuất hiện ở khắp mọi nơi bao gồm cả khu vực tư doanh lẫn quốc doanh.

Một số tổ chức, hãng tư vấn nổi tiếng thế giới như Gartner Dataquest, Market Research,... đã nghiên cứu và khuyên cáo các công ty ở mọi quy mô khác nhau nên ứng dụng các giải pháp nhận dạng không dây, trong đó RFID là một trong số các công nghệ mới. Các chuyên gia cho rằng những hệ thống nhận dạng dữ liệu tự động không dây như RFID hoàn toàn có thể giảm thiểu các sai sót về địa điểm, dây chuyền cung ứng và đánh cấp sản phẩm lên tới 90%, gia tăng hiệu suất từ 12 đến 15% và giảm thời gian kiểm đếm tồn kho từ 35 tới 40%, qua đó tạo dựng được một lợi thế cạnh tranh rõ nét.

Các tên tuổi lớn trên thế giới trong ngành kinh doanh bán lẻ đã bắt đầu chuyển sang dùng RFID. Wal-Mart - tập đoàn kinh doanh bán lẻ hàng đầu của Mỹ - đi tiên phong khi yêu cầu 100 nhà cung cấp phải gắn thẻ trên các thùng, palét (khay, giá nâng hàng) khi giao hàng cho hãng vào tháng 1/2005. Kế hoạch mà Wal-Mart công bố tháng 11/2003 đã khiến tất cả các hãng bán lẻ, nhà cung cấp trên toàn cầu suy nghĩ nghiêm túc về RFID. Các đối thủ cạnh tranh của Wal-Mart nhanh chóng nhận thấy nên áp dụng theo, bởi họ cũng lấy hàng từ các nhà cung cấp của Wal-Mart. Home Depot - công ty bán lẻ lớn thứ hai của Mỹ - đang thử nghiệm ứng dụng RFID tại các cửa hàng ở Boston và nếu kết quả khả quan, hãng sẽ dán thẻ thông minh lên tất cả 50.000 loại sản phẩm bán ra. Gillette cũng đã đặt hàng 500 triệu thẻ gắn với sản phẩm dao cạo râu. Công ty Metro AG (Đức) thì khai trương một “Siêu thị của tương lai”, trong đó sử dụng RFID. Thẻ được gắn trên các kiện, palét đựng hàng và cho các sản phẩm cụ thể như sách, dầu gội đầu, đĩa CD... Các hãng bán lẻ lớn khác như Carrefour, Marks & Spencer cũng đang tiến hành những thử nghiệm riêng. Cuộc cách mạng RFID đã bắt đầu. Nhưng nhìn chung, ứng dụng công nghệ này trong bán lẻ mới chỉ dừng ở mức kiện, palét. Nói cách khác, công nghệ mã vạch chưa thể biến mất ngay trong vài năm tới, do chi phí đầu tư mặc dù sẽ giảm đáng kể nhưng vẫn khá tốn kém.

Ứng dụng thứ hai là quản lý sản phẩm. Các nhà quản lý sản phẩm thường lo ngại vấn đề marketing sản phẩm và duy trì các đại lý. Công nghệ IoT hứa hẹn là công cụ then chốt cho các nhà quản lý sản phẩm, bởi nhờ nó họ có thể đạt được nhiều mục tiêu: tạo khác biệt với đối thủ cạnh tranh (hoặc theo sát các đối thủ cạnh tranh đã sử dụng IoT); tạo ra các kênh mới cho marketing và những cách mới để khuyến khích khách hàng; theo sát việc sử dụng sản phẩm, cập nhật tính năng sản phẩm qua khách hàng; hỗ trợ đắc lực các dịch vụ bảo hành, sửa chữa. Các công ty sẽ tiết kiệm đáng kể chi phí nhân lực và thời gian để kiểm kê hàng khi dùng RFID. Một máy đọc thẻ có thể đọc mã

EPC của tất cả các kiện hàng trong kho mà không cần dịch chuyển hàng, kiểm kê, tìm mã vạch rồi quét mã vạch như trước kia. Có thể nắm thông tin kiện hàng tại bất cứ thời điểm nào mà chẳng cần trả lương cho nhân viên tìm kiếm và quét mã vạch của hàng trong kho. Khi hàng hóa thất lạc, chúng ta biết chính xác đó là kiện hàng nào, hàng gì bởi mỗi kiện đều có mã số điện tử. Dễ dàng theo dõi giao nhận hàng: Đặt máy đọc đọc địa điểm hàng đến, đi còn giúp nhà quản lý nắm thông tin trước để chuẩn bị tốt giấy báo, chứng nhận hàng đến hoặc đã giao.

Theo dõi, giám sát cũng là ứng dụng quan trọng của IoT. Lĩnh vực này hứa hẹn tiềm năng ứng dụng lớn với sự xuất hiện của các mạng cảm biến được triển khai tại các hải cảng, sân bay, nhà ga, đường biên giới hay tại các trụ sở, công ty... IoT có thể tạo ra những “hàng rào ảo” thay thế những hàng rào đội quân giám sát tốn kém.

Ngoài ra, IoT còn được ứng dụng để giúp tạo ra những tòa nhà thông minh, tòa nhà “xanh”. Công nghệ IoT có thể giúp các tòa nhà giảm đáng kể tiêu thụ năng lượng, tạo sự tiện lợi và nâng cao an ninh với các hệ thống cảnh báo được kết nối với điện thoại hoặc máy tính.

Ứng dụng khác cũng khá tiềm năng của IoT liên quan đến viễn tin (Telematics). Thực chất nó được tạo thành từ việc ghép giữa các từ TELEcommunication (viễn thông) và inforMATICS (information technology - công nghệ thông tin). Sự kết hợp này nhằm xây dựng các hệ thống tin học có phạm vi lớn, bao gồm nhiều trung tâm máy tính được nối với nhau bởi mạng truyền thông tin dữ liệu. Telematics bao gồm nhiều thiết bị kết nối, như hệ thống điện tử, các hệ thống chẩn đoán, an ninh, kiểm soát và liên lạc, điện tử giải trí, hỗ trợ lái xe, nâng cao hiệu quả năng lượng và nhiều công nghệ liên kết khác. Chẳng hạn, khi Telematics được trang bị cho xe hơi, người lái có thể đón nhận những thông tin nóng hổi về tình hình thời sự quốc tế, theo dõi các bản tin thời tiết, cập nhật giá cả thị trường chứng khoán hay thậm chí là tin tức về lộ trình phía trước. Sự kết hợp của nhiều thiết bị, hệ thống điện tử giúp kết nối chiếc xe vào trong mạng lưới thông tin của ngày nay. Những hệ thống như OnStar của General Motors và Bluetooth của Chrysler là hai ví dụ về sự tương tác của liên lạc viễn thông với người sử dụng xe hơi. Chỉ cần nhấn vào nút điều khiển OnStar, người lái đã được kết nối tới một trung tâm điều khiển thông qua hệ thống điện thoại của xe, từ đó người lái sẽ nhận được các chỉ dẫn về hành trình trên bản đồ, có thể tìm chính xác địa chỉ của một tòa nhà cần đến, hay thậm chí đặt vé cho một trận đấu bóng đá sắp diễn ra. Tiện lợi hơn nữa, người lái chỉ cần ra lệnh bằng giọng nói và hệ thống sẽ gửi yêu cầu tới trung tâm. Các câu trả lời cũng sẽ được phát qua hệ thống loa của xe hơi. OnStar còn giúp tìm kiếm chiếc xe bị đánh cắp hay mở cửa xe nếu như để quên chìa khóa bên trong. Ngoài ra, khi gặp tai nạn, túi khí an toàn được kích hoạt, hệ thống sẽ tự động thông báo tới trung tâm cứu trợ nhờ thiết bị định vị vệ tinh GPS. Nhân viên cứu trợ sẽ lập tức liên lạc với bạn và tiến hành trợ giúp khẩn cấp khi không có hồi đáp. Personal Calling là một trong những khả năng mới nhất của OnStar. Người lái có thể đăng ký một số điện thoại cá nhân trên xe và nhận cuộc gọi ngay cả khi đang tham gia giao

thông. Nó tiện lợi hơn rất nhiều so với một điện thoại di động nhờ điều khiển bằng giọng nói (không làm phân tán khả năng quan sát của lái xe), tín hiệu cũng mạnh hơn nhờ có ăng-ten.

Các cụm yếu tố liên quan đến IoT

Những tiến bộ trong các công nghệ sau đây sẽ đóng góp vào sự phát triển của IoT:

- *Giao diện Máy với Máy* (Machine-to-Machine) và các giao thức liên lạc điện tử trên một mạng lưới;
- *Vi kiểm soát* (Microcontrollers): là các chip máy tính được tạo ra để gắn vào đồ vật;
- *Liên lạc không dây phổ biến tại các nước phát triển*. Nhiều công nghệ liên lạc không dây khác nhau có tiềm năng lớn đa dạng hoá các kênh liên lạc trong IoT.
- *Công nghệ RFID*: các máy đọc RFID hiện nay cũng có thể xác định được nhiều đồ vật. Sự ra đời của thẻ RFID quả là một ý tưởng độc đáo: Thẻ RFID có thể thay thế cho các mã vạch trên các sản phẩm có bán tại các siêu thị bán lẻ và thay thế công nghệ tìm dấu vết bằng những máy phát radio nhỏ và không đắt tiền lắm. Thông tin có thể được truyền qua những khoảng cách nhỏ mà không cần một tiếp xúc vật lý nào cả. Đó là những gì mà RFID có thể mang tới.
- *Các công nghệ thu năng lượng từ môi trường dù rất nhỏ*. R&D thu năng lượng hiện nay tập trung vào những biến đổi ngẫu nhiên nhiệt độ, âm thanh và xung động xung quanh, tần số radio xung quanh. Các bộ chuyển đổi hay máy biến năng thu năng lượng để tạo ra năng lượng điện cho vận hành bộ vi kiểm soát, bộ cảm biến và các giao diện mạng. Về mặt kỹ thuật, các máy biến năng không chỉ phản ứng với các nguồn ngẫu nhiên mà còn truyền phát năng lượng có chủ đích, thông qua tần số sóng radio và các kênh âm học khác.
- *Các bộ cảm biến*: Dò tìm những thuộc tính đang thay đổi trong môi trường và báo về một hệ thống; các mạng cảm biến nhằm khai thác những lợi ích nhờ cảm biến ở nhiều nơi. Các bộ cảm biến là một dạng máy biến năng có thể tạo ra một lượng năng lượng rất nhỏ để truyền thông tin. Các điều kiện âm thanh, ánh sáng, không khí, các giao động và các tín hiệu môi trường khác là những thứ mà các nhà thiết kế chế tạo đều có thể khai thác.
- *Các bộ dẫn động* (Actuators) dò tìm các tín hiệu đến và phản ứng bằng cách thay đổi cái gì đó trong môi trường.
- *Công nghệ định vị, như định vị toàn cầu (GPS), giúp người và máy tìm mọi thứ và xác định môi trường xung quanh*. Công nghệ GPS giờ có mặt ở hầu hết các sản phẩm như: hệ thống dẫn đường trên ô tô, điện thoại, các thiết bị hỗ trợ cá nhân cầm tay.... GPS không chỉ để dẫn đường mà nó còn có thể dùng để lấy thời gian một cách chính xác. Mỗi vệ tinh GPS có nhiều đồng hồ nguyên tử và thời gian được gửi kèm với tín hiệu chúng gửi đi. Với sự hỗ trợ từ các tín hiệu, một thiết bị nhận tín hiệu GPS có thể xác định thời gian hiện tại trong 1/100 tỉ giây. Những tín hiệu này được sử dụng để đồng bộ thời gian trên điện thoại cầm tay. GPS là một tiến trình làm việc. Hệ thống được tiếp tục nâng cấp và

những vệ tinh mới được bổ sung. Điều này đồng nghĩa với tính chính xác sẽ tăng lên và hệ thống sẽ trở nên hữu ích hơn.

- *Phần mềm*: Sự phát triển của IoT sẽ dựa nhiều vào năng lực phần mềm. Không có khung lý thuyết nào giới hạn sự phát triển của phần mềm.

Các vấn đề quyết định sự phát triển của IoT

Các vấn đề của doanh nghiệp

- **Hậu cần và hỗ trợ dây truyền cung ứng**: các doanh nghiệp lớn đang ứng dụng công nghệ RFID để tối ưu hoá các dây truyền cung ứng. Tốc độ và quy mô của việc ứng dụng này là rất quan trọng và đi kèm với nó là sự phát triển cơ sở hạ tầng liên quan, đặc biệt là Internet.
- **Chống hàng giả và trộm cắp**: lợi ích của các công ty chống các sản phẩm giả sẽ khiến họ ứng dụng công nghệ RFID trên các công-ten-nơ, trên các kiện hàng hoặc trên từng sản phẩm. Các công ty được cũng có thể áp dụng công nghệ này bằng việc dán RFID trên các sản phẩm của họ. Công nghệ RFID cũng giúp cá nhân và tổ chức tránh được việc mất cắp hay gian lận.
- **An toàn thực phẩm và cạnh tranh**: lợi ích của người dân về thực phẩm an toàn mà họ sử dụng có thể khiến gia tăng việc ứng dụng nhãn thực phẩm RFID.
- **Công nghệ RFID ở cấp độ từng sản phẩm**: doanh nghiệp có tác động mạnh nhất tới việc triển khai RFID trên từng sản phẩm, họ quyết định ở đâu và khi nào áp dụng RFID trên mỗi sản phẩm của họ và nếu mọi doanh nghiệp lớn đều cùng triển khai thì thị trường cho các thiết bị của công nghệ này sẽ phát triển rất nhanh. Còn đối với phía Chính phủ, các quyết định chính sách có tác động lớn trong việc phổ biến công nghệ RFID. Chẳng hạn, họ có thể ra quy định cho các thư viện ứng dụng RFID cho quản lý sách, cho quản lý thẻ căn cước. Nếu cả doanh nghiệp và Chính phủ cùng ứng dụng RFID thì công nghệ này sẽ phát triển rất nhanh và lợi ích của nó là rất lớn đối với xã hội.
- **Quyền sở hữu trí tuệ trong lĩnh vực này chủ yếu liên quan đến công nghệ xác định đồ vật**. Quản lý và các quy định về patent có tác động lớn tới sự phát triển của IoT, chẳng hạn nếu nó khuyến khích được các nhà đầu tư thì công nghệ sẽ nhanh chóng được phổ biến.
- **Các chuẩn**: sự phát triển tốt đẹp của IoT đòi hỏi sự đồng thuận về các tiêu chuẩn kết nối, giao thức, cấu trúc dữ liệu...
- **Hợp tác doanh nghiệp**: việc ứng dụng IoT đòi hỏi năng lực của doanh nghiệp, đặc biệt là trong hợp tác với các doanh nghiệp khác. Khi mà tinh thần cạnh tranh là then chốt cho đổi mới và giảm chi phí, thì cũng có nhiều trường hợp một số công ty tìm cách ngự trị một thị trường bằng cách sở hữu những công nghệ (chẳng hạn như iPod của Apple là ví dụ điển hình). Việc sở hữu riêng công nghệ có thể khuyến khích đổi mới, nhưng cũng có thể làm cản trở sự phát triển của IoT, do vậy việc hợp tác kinh doanh có thể giải quyết vấn đề này để thúc đẩy IoT phát triển nhanh hơn.

Các công nghệ khác có liên quan

Một số công nghệ không phải là chính yếu đối với sự phát triển của IoT, nhưng chúng có thể giúp mở rộng phạm vi của IoT, làm tăng giá trị gia tăng của IoT.

- Công nghệ định vị đồ vật, hệ thống thông tin địa lý (GIS - Geography Information System): là một công cụ tập hợp những quy trình dựa trên máy tính để lập bản đồ, lưu trữ và thao tác dữ liệu địa lý, phân tích các sự vật hiện tượng thực trên trái đất, dự đoán tác động và hoạch định chiến lược. GIS là một tập hợp có tổ chức gồm phần cứng, phần mềm, cơ sở dữ liệu và con người được thiết kế để thu nhận, lưu trữ, cập nhật, thao tác phân tích làm mô hình và hiển thị tất cả các dạng thông tin địa lý có quan hệ không gian nhằm giải quyết các vấn đề về quản lý và quy hoạch.
- Công nghệ sinh trắc học: các hệ thống nhận dạng cá nhân phục vụ các mục đích, như an ninh.
- Thị giác máy (Machine vision): nhận diện qua hình ảnh, phát hiện các đặc tính của vật.
- Công nghệ robotics: liên kết mọi vật và các mạng cảm biến là những thế mạnh của robot tương lai, có thể kiểm soát được IoT như con người.
- Thực tại tăng cường (Augmented reality): đó là các hệ thống có thể báo cáo thông tin khi một người chuẩn bị tiếp xúc với những người khác, với đồ vật hay chuẩn bị đặt chân tới một địa điểm. Những thông tin này có thể được cung cấp qua điện thoại di động, qua các phương tiện di động của người dùng...
- Hiện diện trực tiếp từ xa (Telepresence) và tự điều chỉnh: những người ở khoảng cách xa có thể truy cập những thông tin đã được tập hợp bởi một phương tiện và có thể kiểm soát các hành động của các đồ vật ở xa. Theo thời gian, các đồ vật ở xa có thể đa dạng hoá chức năng dưới sự kiểm soát của con người thông qua máy kiểm soát nếu cần.
- Các giao diện người dùng hữu hình: người dùng có thể kiểm soát công nghệ theo nhiều cách như thông qua lời nói, cử chỉ, thay vì chỉ với một số cách đơn giản hiện nay như dùng chuột, bàn phím.
- Công nghệ sạch: nhằm xử lý vấn đề rác thải điện tử ngày càng gia tăng trong xã hội điện tử, chẳng hạn xử lý hàng tỷ nhãn RFID.

Các mốc định hướng phát triển

- ❖ Từ 2007-2009: Các chuỗi bán lẻ lớn ở Mỹ áp dụng công nghệ RFID cho các palét và kiện hàng;
- ❖ Năm 2010: Các chuỗi bán lẻ lớn ở Mỹ bắt đầu triển khai các thẻ RFID cho từng sản phẩm giúp người tiêu dùng không phải đợi lâu trước các quầy thanh toán tại các siêu thị, các máy đọc thẻ RFID sẽ tự động đọc và tính số tiền hàng trong tích tắc. Các nhà cung cấp dịch vụ y tế, các tổ chức lớn

và các cơ quan chính phủ sử dụng các thẻ RFID để theo dõi, kiểm soát và tìm kiếm các văn bản.

- ❖ Từ 2011-2013: Người dùng điện thoại di động có tích hợp máy đọc RFID có thể quét mọi thứ và được cung cấp thông tin về giá, tình trạng, nguồn gốc, thành phần, cách sử dụng, dịch vụ bảo hành và nhiều thuộc tính khác của thiết bị hay sản phẩm nào đó.
- ❖ Từ 2011-2016: Xe cộ được trang bị các hệ thống không dây của công nghệ IoT giúp chẩn đoán, báo trước để gia tăng các tiện ích cho người dùng, đảm bảo an toàn tối đa, giảm chi phí năng lượng.
- ❖ Năm 2017: Công nghệ định vị mọi nơi được sử dụng đầu tiên và hiệu quả tại Mỹ. Nó được sử dụng trước hết là cho người dùng điện thoại di động kể cả khi ở trong nhà.
- ❖ Từ năm 2018-2019: các nhà chế tạo phân phối sản phẩm không lo mất và thiếu hụt nhờ được trang bị công nghệ định vị mọi nơi có hỗ trợ Internet không dây.
- ❖ Năm 2020: Mọi liên lạc di động hàng ngày được thực hiện qua băng thông rộng, nhiều phương thức liên lạc như Người - với - Người (Person-to-Person) trước đây trở nên lạc hậu và thay vào đó là các phương thức liên lạc Người - với - Vật (Person-to-Thing) và Vật - với - Vật (Thing-to-Thing).
- ❖ Từ 2020-2025: là giai đoạn đổi mới, tăng trưởng, nhiều cơ hội cho người sử dụng và nhà cung cấp. Mọi thứ hàng ngày được kết nối, các nhu cầu mới nổi lên. Chẳng hạn các tổ chức có thể tạo ra các mạng cảm biến đặc biệt bằng cách kết hợp các dữ liệu từ các nguồn và thiết bị rời rạc.

Những tác động tiềm ẩn của IoT đối với sức mạnh quốc gia Mỹ

Nếu Mỹ thực hiện một cách rộng rãi, thì Internet of Things có thể đem lại lợi thế dài hạn đối với kinh tế Mỹ cũng như quân sự Mỹ. Hợp lý hoá và cách mạng hoá trong các chuỗi cung ứng và hậu cần có thể giảm chi phí, tăng hiệu quả và giảm sự phụ thuộc vào nhân công lao động. Khả năng kết hợp các dữ liệu cảm biến từ nhiều đồ vật có thể ngăn chặn tội phạm và chiến tranh bất đối xứng. Công nghệ định vị ở mọi nơi cho phép xác định những hàng hoá bị thiếu hoặc bị đánh cắp. Mặt khác, chúng ta có thể ngăn cản việc truy cập của những kẻ thù của Mỹ, những tội phạm tới các mạng của các máy cảm biến và các đồ vật được điều khiển từ xa. Tuy nhiên, các nhà chế tạo nước ngoài có thể phải đối mặt hàng ngày với những phần mềm hiểm độc phá hoại, thậm chí bị cài vào các sản phẩm hay đồ vật của họ. Một thị trường mở cho dữ liệu cảm biến có thể phục vụ cho những lợi ích thương mại và an ninh, nhưng cũng có thể trở thành những mục tiêu cho tội phạm và tình báo. Như vậy, việc kết hợp các dữ liệu cảm biến một cách rộng rãi có thể làm xói mòn liên kết xã hội. Vào năm 2025, các nhà bình luận còn cho rằng sự ngự trị của châu Á trong lĩnh vực chế tạo, trong đó có chế

tạo các thiết bị của IoT, có thể tiếp thêm nguồn lực tài chính cho tái vũ trang và chạy đua vũ trang giữa các nước châu Á, từ đó làm giảm vai trò của Mỹ trong các sự kiện địa chính trị.

Các kịch bản tương lai và những tác động tiềm ẩn đối với Mỹ

Khi xem xét hàng loạt các khả năng về tình trạng của IoT vào năm 2025, các nhà phân tích nhận thấy có một số vấn đề chưa được giải quyết, tập trung vào hai trục hướng chính:

- Thời gian phát triển (chậm đối lập với nhanh).
- Độ sâu của sự thâm nhập (trong một số khu vực đối lập với tồn tại khắp nơi).

Về mặt “thời gian”, do Internet và điện thoại di động tăng trưởng nhanh sau giai đoạn ươm tạo, nên IoT có thể nổi lên tương đối nhanh nếu có ưu thế về các điều kiện chính sách thuận lợi, tiên bộ công nghệ và hợp tác kinh doanh. Hoặc cũng có thể IoT phát triển chậm hơn nếu các điều kiện này ít thuận lợi hơn.

Về mặt “độ sâu của sự thâm nhập”, do Internet và điện thoại di động thâm nhập sâu và phổ biến tại các quốc gia phát triển, nên IoT cũng phổ biến trong đời sống hàng ngày tại các nước này, nếu có những điều kiện thuận lợi tạo hứng khởi trong công chúng và nhu cầu thị trường lớn. Tuy nhiên, nếu các dấu hiệu của cầu này không thành hiện thực, chẳng hạn nếu công chúng nhận thấy rằng chi phí, những bất lợi và rủi ro lớn hơn những lợi ích mà họ có thể được hưởng, thì IoT cũng chỉ giới hạn ở một số khu vực công nghiệp, thương mại và nhà nước. Nhưng ngay cả các khu vực giới hạn này cũng tạo ra những lợi ích và tổn hại có tác động đáng kể đối với Mỹ.

Dựa trên hai trục hướng chính này, có 4 kịch bản được đưa ra bao quát các khả năng có thể diễn ra như thế nào từ nay tới năm 2025. Cho dù có diễn ra nhanh trên diện rộng hay chậm trên phạm vi hẹp, thì sự nổi lên của IoT vẫn có những tác động tiềm tàng đối với các lợi ích của Mỹ. Ở đây các chuyên gia phân tích tập trung vào các cơ hội và thách thức đối với Mỹ mà hai kịch bản sau cùng đề cập: Các rủi ro và lợi thế quan trọng sẽ nổi lên ngay cả đối với kịch bản “Các khu vực hẹp được kết nối” (Connected Niches) - thể hiện tốc độ phát triển công nghệ IoT tương đối khiêm tốn. Kịch bản “Tương tác xung quanh” (Ambient Interaction) phác họa sự thâm nhập nhanh và sâu của công nghệ thông tin - viễn thông vào mọi vật dụng hàng ngày. Kịch bản này được kỳ vọng lớn, những rủi ro và lợi thế của nó đáng phải được xem xét kỹ lưỡng.

IoT: các kịch bản tương lai

		Mức độ sâu của thâm nhập	
		Các ứng dụng dọc	Lan rộng/phổ biến
Thời gian phát triển	Được tiến hành	Nhanh tàn	Tương tác xung quanh
	Tiến triển	Các khu vực hẹp được kết nối	Chậm nhưng chắc

Kịch bản 1: Nhanh tàn (Fast Burn)

Trong kịch bản này, IoT phát triển nhanh nhưng theo cách bị hạn chế, và thất bại trong duy trì đà phát triển của nó. Mặc dù những tác động trở nên khá đáng kể trong các lĩnh vực ứng dụng đặc thù (tự động hoá công nghiệp, chăm sóc sức khỏe và an ninh), nhưng IoT không thực hiện được đầy đủ những hứa hẹn là trở nên thâm nhập và hiện hữu khắp mọi nơi (và như vậy là tầm quan trọng của nó bị hạn chế đối với mọi phong cách sống mới, đối với các hoạt động kinh doanh và sự định hướng của chính phủ). Trong trường hợp này, hy vọng về công nghệ được hiện diện ở mọi nơi sẽ không bao giờ thành hiện thực khi mà những lo ngại từ phía quân đội về các rủi ro của khủng bố. Với kịch bản này, công nghệ IoT cho thấy những rủi ro và lợi ích đối với Mỹ tương tự như kịch bản “Các khu vực hẹp được kết nối”.

Kịch bản 2: Chậm nhưng chắc

Trong kịch bản này, IoT trở nên tràn ngập khắp mọi nơi, nhưng phải đợi tới năm 2035 hoặc xa hơn. Các kết quả mà nó tạo ra cũng gần giống với kịch bản “Tương tác xung quanh”, nhưng có sự khác nhau ở những tiểu tiết. Sự phát triển tương đối chậm của công nghệ tạo thêm thời gian cho doanh nghiệp và Chính phủ trong việc nghiên cứu sự phát triển, làm giảm bớt những rủi ro lớn nhất. Nhiều rủi ro vẫn còn, nhưng mức độ phức tạp cao của công nghệ năm 2025 khiến IoT trở nên khó bị tin tặc hay những kẻ thù khác tấn công hơn. Tuy nhiên, những kẻ gian và kẻ thù của Mỹ có thể khai thác IoT theo những cách tương tự như trong kịch bản “Tương tác xung quanh”, và những gì Mỹ được hưởng lợi có thể không thành hiện thực.

Kịch bản 3: Các khu vực hẹp được kết nối

Trong kịch bản này, IoT có thể vượt qua những rào cản và sự khác biệt để bao trùm hàng loạt các hướng ứng dụng và hứa hẹn sự thu hồi vốn đầu tư nhanh. Cầu tăng nhưng không diễn ra việc giảm mạnh chi phí theo diễn tiến, các tiến bộ công nghệ cũng khiêm tốn và một số vấn đề cũng không được giải quyết. Các ngành công nghiệp tỏ ra không sẵn lòng hợp tác đầy đủ. Các chính sách thể hiện sự thờ ơ đối với những lợi thế tiềm ẩn hoặc đối xử phân biệt với đổi mới và coi trọng các lợi ích cũ. Thậm chí năm 2025, về mặt công nghệ vẫn có những giới hạn, chẳng hạn nhiều đồ vật tiêu dùng cá nhân thiết bị thiếu các gói thiết bị công nghệ RFID (Radio Frequency Identification - nhận dạng tần số radio). Nhưng dù sao, đổi mới vẫn kích thích việc ứng dụng các mạng cảm biến và kết nối mọi đồ vật, đặc biệt là trong các lĩnh vực an ninh, cung ứng hậu cần, chăm sóc sức khỏe, quản lý tài liệu, quản lý sáng chế, tự động hoá trong công nghiệp và robotics. Ban đầu chỉ các thiết bị phổ biến hàng ngày ở công sở và các thiết bị trong các hoạt động quân sự, còn các thiết bị trong đời sống ở gia đình hàng ngày có thể sau này mới được áp dụng việc kết nối này. Tương tự như vậy các mạng lưới cảm biến cũng có hiện diện tại các công sở và địa điểm công cộng. Các mạng lưới cảm biến và các đồ vật hàng ngày được kết nối tạo ra giá trị đáng kể đối với nền kinh tế và năng lực đáng kể đối với các tổ chức quân sự, tuy nhiên nó cũng tạo ra những mảnh đất mới đối với bọn tội phạm và các kẻ thù của Mỹ.

Cơ hội: Mỹ chiếm lợi thế kinh tế trong ngắn hạn thông qua việc áp dụng các công nghệ để nâng cao hiệu quả hậu cần thương mại (commercial logistics), tự động hoá công nghiệp, tác động kết hợp của chúng giúp làm giảm chi phí và gia tăng lợi nhuận công ty. Khi các nhà bán lẻ chọn công nghệ RFID thì các nhà cung cấp công nghệ sẽ tìm ra các con đường tăng trưởng qua các cơ hội thị trường. Các sân bay và các trung tâm trung chuyển trở thành những địa điểm cho các mạng cảm biến quy mô lớn hỗ trợ các nhiệm vụ của các cơ quan an ninh. Các phần mềm nhận dạng có thể giúp ích nhiều cho con người, nhưng không vì thế mà không cần sự quan sát và phân tích của con người. IoT ngăn cản trộm cắp và giúp định vị hàng hoá thiếu. Nhiều bệnh viện và các phương tiện chăm sóc công nghệ cao giúp nâng cao đáng kể việc chăm sóc sức khỏe. Hai lĩnh vực then chốt là quản lý phương tiện và tài liệu cũng tạo ra hướng đi cho tăng trưởng đối với IoT. Chính phủ và các công ty hoạt động trong lĩnh vực phương tiện xe cộ cũng tìm thấy các lợi ích mới từ áp dụng IoT. Cũng vậy, được coi là giải pháp giảm phí tổn, vào năm 2020 các văn bản và các ấn phẩm giấy sẽ được thay bằng sách điện tử, các thẻ thông minh và các thiết bị khác có gắn các nhãn RFID cho phép hệ thống tự động hoá thực hiện các quy trình “buồn tẻ” nhưng bắt buộc.

Rủi ro: Những lợi thế của IoT đối với kinh tế Mỹ giảm đi do sự xuất hiện các nhà chế tạo nước ngoài tham gia vào phát triển các ứng dụng trong tương tự hoặc làm tăng giá trị các ứng dụng công nghệ mà Mỹ có được. Ngoài ra, những kẻ khủng bố có thể sử dụng các thiết bị ít tốn kém hơn để tấn công các phương tiện của các cơ quan an ninh, như các ứng dụng dựa trên vệ tinh.

Kịch bản 4: Tương tác xung quanh

Trong kịch bản này, IoT gia tăng và nhanh chóng phổ biến rộng, nhờ tiến bộ công nghệ, hợp tác kinh doanh và các chính sách tạo thuận lợi cho đổi mới. Cầu tăng mạnh trong nhiều lĩnh vực chính của nền kinh tế, sự kỳ diệu của công nghệ được kết hợp với sự phát triển doanh nghiệp thúc đẩy ao ước của người dân có được các ứng dụng thay thế sức lao động, sự nhàm chán và làm mờ đi danh giới giữa làm việc, vui chơi và giao thiệp. Các mạng lưới cảm biến và mọi đồ vật được kết nối trở nên phổ biến tại công sở, các địa điểm công cộng và hộ gia đình. Các sáng kiến chiến lược đảm bảo rằng Mỹ vẫn duy trì những lợi thế quân sự và kinh tế dài hạn. Tuy nhiên, những lợi ích lại đi kèm với những rủi ro, như tin tặc tấn công với các phần mềm gián điệp được cài làm sai lệch hoặc hư hại các thiết bị hàng ngày được kết nối. Các mạng cảm biến có thể trở thành các kênh cho tin tặc và các kẻ thù của Mỹ tấn công.

Cơ hội: Những lợi thế địa chính trị nổi lên khi Mỹ sử dụng các mạng cảm biến để chống lại khủng bố và các cuộc chiến bất đối xứng. Quân đội Mỹ chiếm lợi thế dài hạn nhờ hợp lý hoá nhanh chóng các hoạt động và áp dụng các sáng kiến chiến lược để đổi mới liên tục, đặc biệt là nhằm mục đích duy trì lợi thế. Mỹ cũng nắm lợi thế dài hạn về kinh tế nhờ áp dụng các công nghệ (nhất là RFID và định vị) hợp lý hoá hậu cần thương mại và tạo giá trị gia tăng cho sản phẩm, từ đó thúc đẩy tăng trưởng GDP. Thực vậy, sự phổ biến và thâm nhập sâu của IoT cho phép hậu cần thương mại tạo nên

cuộc cách mạng. Năm 2025, các dây chuyền cung ứng robotic trở nên phổ biến, vấn đề an ninh và làm giả được chú ý hơn. Tại các cảng, các côngtenơ có thể chỉ báo cho con người hiện trạng hàng hoá bên trong thế nào, hệ thống vận tải và phân phối sẽ tự động làm việc để đưa hàng tới tận kho hoặc các điểm phân phối mà không cần phải dùng đến sức lực con người. RFID trong từng gói hàng sẽ giúp con người kiểm tra hàng hoá với các thông số như nguồn gốc hàng, chủng loại, cách sử dụng... chỉ với những thao tác trên điện thoại di động được tích hợp máy đọc RFID.

Rủi ro: Các rủi ro ngẫu nhiên trong kịch bản này cũng được nêu trong kịch bản 3 (Các khu vực hẹp được kết nối), nhưng mức độ lớn hơn. Khi Mỹ gia tăng sự tin tưởng vào IoT, những rạn nứt trong cung ứng sẽ tạo ra các rạn nứt trong hoạt động. Những kẻ khủng bố có thể khai thác các mạng cảm biến mà công nghệ mã hoá có những lỗ hổng, các hệ thống thiếu an toàn ở châu Âu và châu Á để phát tán các phần mềm độc hại.

Những lưu ý

Các kịch bản đều có thể xảy ra do tính không chắc chắn của mọi cách nhìn về tương lai. Việc xác định kịch bản nào tốt nhất phản ánh hiện thực ở bất kỳ thời điểm nào phụ thuộc vào sự đánh giá một cách cẩn thận những thông tin và tri thức đáng tin cậy, đồng thời theo sát những chỉ báo về hướng và nhịp độ phát triển của các lĩnh vực công nghệ có tiềm năng lớn đối với Mỹ. Các tham số chủ yếu, nếu tích cực, phản ánh môi trường thuận lợi cho sự phát triển công nghệ IoT gồm:

- Bản chất và quy mô của cầu đối với hậu cần trong thương mại và các tổ chức quân sự;
- Hiệu quả của những làn sóng công nghệ IoT trong giảm chi phí, tạo ra được các điều kiện thuận lợi cho các lĩnh vực ứng dụng trong hoạt động dân sự, hoạt động của Chính phủ, chăm sóc y tế, quản lý hồ sơ tài liệu;
- Năng lực của các thiết bị trong việc nhận các tín hiệu định vị, khả năng phát tín hiệu thông qua nâng cao các cơ sở hạ tầng hiện có (các tháp, trạm thu phát và các thiết bị khác);
- Những tiến bộ công nghệ liên quan mật thiết trong công nghệ làm nhỏ đồ vật và hiệu quả năng lượng của thiết bị điện, như giảm tiêu thụ năng lượng trong máy tính và các phương pháp liên lạc, các pin nhỏ hiệu năng cao;
- Những tiến bộ trong lĩnh vực phần mềm.

KẾT LUẬN

Việc dự báo trước những thay đổi trong tương lai của các lĩnh vực KH&CN, đặc biệt là các công nghệ có tầm quan trọng và phạm vi ảnh hưởng lớn tới các ngành công nghiệp then chốt, đóng vai trò quan trọng trong việc hoạch định các chính sách phát triển kinh tế vĩ mô, liên ngành và ngành.

Là một siêu cường thế giới về kinh tế, quân sự, KH&CN, nước Mỹ luôn phải đối mặt với thách thức là làm sao duy trì được vị trí đó trong hoàn cảnh luôn luôn có những thay đổi và sự cạnh tranh gay gắt diễn ra trên toàn cầu. Để đối phó với những thách thức này, Mỹ đã liên tục hoạch định ra các chiến lược, chính sách nhằm giải phóng mọi tiềm năng đổi mới, đem lại năng suất cao, nâng cao mức sống và giữ vững vai trò lãnh đạo của mình ở thị trường toàn cầu. Kinh nghiệm thành công hay thất bại trong chiến lược, chính sách của Mỹ là những bài học đáng được tham khảo và học tập.

Việc công bố các công nghệ có tầm quan trọng hàng đầu trong vòng 15 năm tới của Hội đồng Tình báo Quốc gia Mỹ có thể sẽ là một kênh tham khảo quan trọng đối với các nhà hoạch định chiến lược phát triển KH&CN của các nước. Việc dự báo trước những thay đổi trong tương lai của KH&CN và của các ngành công nghiệp then chốt sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc hoạch định các chính sách phát triển kinh tế vĩ mô, liên ngành và ngành.

Biên soạn: **Phùng Anh Tiến**
Ths. Tạ Hoài Anh

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Six Technologies with Potential Impacts on US Interests out to 2025, National Intelligence Council, 2008
2. Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council's 2025 project
3. Biogerontechnology impact in 2025, Emerging Tech, Chris Jablonski, 9/2008
4. <http://robots.net/article/2640.html>
5. <http://en.wikipedia.org/wiki/Robotics>
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things
7. U.S. Hydrogen Fuel Initiative, Dr. James F. Miller, Electrochemical Technology Program, Argonne National Laboratory, 2005
8. Posture Plan Describes the Research, Development & Demonstration Activities (www.hydrogen.energy.gov/pdfs/hydrogen_posture_plan.pdf)
9. Hydrogen Production Strategy
10. Annual Progress Report, DOE Hydrogen Program 2005.