

VAI TRÒ CỦA TOÁN HỌC HIỆN ĐẠI TRONG SỰ PHÁT TRIỂN NHẬN THỨC KHOA HỌC

Võ Duy Hoàng, Nguyễn Duy Thanh
Trường Đại học công nghệ Đông Á

Tóm tắt: Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của các ngành khoa học tự nhiên, toán học hiện nay cũng có nhiều phát kiến quan trọng và ngày càng khẳng định được vai trò của mình trong sự phát triển của khoa học và nhận thức. Trên cơ sở vận dụng lý luận của chủ nghĩa duy vật biện chứng và chủ nghĩa duy vật lịch sử, các tác giả khái quát lịch sử phát triển của toán học và phân tích bản chất của một số thành tựu nổi bật của toán học hiện đại, từ đó luận giải vai trò của toán học hiện đại với sự phát triển nhận thức khoa học nhằm góp phần khẳng định vai trò to lớn của toán học trong việc giải quyết những vấn đề phức tạp của đời sống hiện nay.

Từ khóa: Toán học, toán học hiện đại, triết học của toán học, nhận thức, nhận thức khoa học

THE ROLE OF MODERN MATHEMATICS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC UNDERSTANDING

Vo Duy Hoang, Nguyen Duy Thanh
East Asia University of Technology

Abstract: With the rapid advancement of natural sciences, mathematics has been witnessing numerous significant breakthroughs, reaffirming its critical role in the progression of science and human science cognition. Utilizing the theoretical frameworks of dialectical materialism and historical materialism, this paper offers an overview of the historical development of mathematics and delves into the essence of some prominent achievements in modern mathematics. Through this analysis, the role of modern mathematics in the development of scientific cognition is elucidated to contribute to affirming the significant role of mathematics in solving the complex problems of contemporary life.

Keywords: Mathematics, modern mathematics, philosophy of mathematics, cognition, scientific cognition

Nhận bài: 10/12/2024

Phản biện: 31/12/2024

Duyệt đăng: 05/01/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh nền kinh tế toàn cầu đang dịch chuyển ngày càng mạnh theo hướng phát triển kinh tế tri thức, những yếu tố đóng vai trò động lực phát triển truyền thống đang dần được thay thế bằng những yếu tố mới như khoa học, công nghệ, thông tin, tri thức. Tri thức toán học ngày càng thâm nhập sâu vào đời sống xã hội và đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển nhận thức khoa học, góp phần thúc đẩy các ngành khoa học phát triển. Đặc biệt, đối với các ngành khoa học lý thuyết như vật lý, hóa học, sinh học, toán học có thể xem như là một công cụ đắc lực. Để phát huy vai trò của toán học trong việc giải quyết những vấn đề hiện đại ngày nay, việc nghiên cứu, làm sáng tỏ vai trò của toán học, nhất là toán học hiện đại đối với sự phát triển nhận thức khoa học của con người có ý nghĩa sâu sắc cả trên phương diện lý luận lẫn thực tiễn.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Nhận thức khoa học là loại hình đặc biệt của hoạt động nhận thức, quá trình đi từ nhận thức đến nhận thức khoa học là một quá trình phức tạp gồm nhiều thay đổi về tư duy, về phương pháp tiếp cận thế giới. Đó là quá trình phát triển không ngừng giúp cho con người đi từ nhận thức giản đơn, cảm tính bên ngoài, không đầy đủ đến nhận thức khái

quát hơn, sâu sắc hơn về các sự vật, hiện tượng tồn tại trong thế giới xung quanh thông qua các đặc điểm, mối liên hệ phổ biến và những quy luật bản chất.

Vấn đề nhận thức khoa học đã được đặt ra từ rất sớm trong lịch sử nhân loại, bắt đầu từ thời kỳ Hy Lạp, La Mã cổ đại (khoảng thế kỷ VI-IV trước công nguyên). Tuy nhiên, do nhận thức của con người thời kỳ này còn hạn chế cũng như sự chi phối mạnh mẽ của thế giới quan thần thoại nên nhận thức thời kỳ này còn giản đơn, phần lớn dựa trên các suy đoán. Dù mang tính chất phác, ngây thơ nhưng những suy đoán ban đầu này đã có vai trò tạo nên nền tảng cho sự phát triển và hoàn thiện lý thuyết về nhận thức về sau. Đến thời kỳ Trung cổ, con người đã đạt được nhiều bước tiến lớn trong việc giải thích thế giới thông qua hoạt động thực tiễn tích cực của mình. Mặc dù vậy việc giáo dục tri thức thời kỳ này mang nặng tính thần học do sự thống trị của giáo hội và thế giới quan tôn giáo. Đặc điểm chủ yếu của nhận thức thời kỳ này là niềm tin vào các thế lực siêu nhiên như thượng đế, thần thánh, linh hồn, thế giới bên kia... Thế kỷ XVII-XVIII, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của các ngành khoa học thực nghiệm như cơ học, vật lý học cổ điển, nhận thức khoa học cổ điển đã

cố gắng giải thích thế giới trên cơ sở phương pháp thực nghiệm, phương pháp duy lý. Các nhà triết học như Kant, Feuerbach, Hegel... đã có công lớn trong việc phát triển lý luận nhận thức khoa học song đều gặp phải những hạn chế nhất định như tính siêu hình, tuyệt đối hóa một mặt, một yếu tố nào đó của nhận thức hay chưa phân biệt được sự khác nhau về chất giữa nhận thức cảm tính và nhận thức lý tính.

Kế thừa và khắc phục những thiếu sót của các quan niệm trước đó, Mác và Ăngghen đã xây dựng nên hệ thống những quan điểm khoa học, mang tính nền tảng cho lý luận nhận thức. Theo quan điểm của hai ông, nhận thức khoa học “là một loại hình nhận thức đạt đến trình độ cao, khác với nhận thức thông thường. Nó là quá trình phản ánh tự giác, tích cực, sáng tạo hiện thực khách quan của con người thông qua thực tiễn nhằm đạt tới hệ thống tri thức đúng đắn về tự nhiên, xã hội và các lĩnh vực cụ thể khác”.

Nhận thức khoa học bao giờ cũng trải qua hai giai đoạn ở hai trình độ khác nhau: kinh nghiệm và lý luận. Ở giai đoạn nhận thức kinh nghiệm, phương pháp nhận thức thường là quan sát và thí nghiệm nhằm thu được tri thức kinh nghiệm. Đến giai đoạn nhận thức lý luận, năng lực tư duy, khái quát hóa của chủ thể nhận thức được phát huy trong việc đi sâu nắm bắt cái tất yếu, quy luật, các mối quan hệ của sự vật. Phải thông qua nhận thức kinh nghiệm mới có thể nắm bắt được bản chất của sự vật, hiện tượng.

Nhận thức khoa học mang tính tự giác, tính trừu tượng, tính khách quan, tính hệ thống và có căn cứ được hình thành trên cơ sở thực tiễn. Bằng hoạt động thực tiễn, con người làm cho thế giới bộc lộ những thuộc tính, quy luật khách quan, bản chất... phục vụ cho quá trình nhận thức, từ đó tạo nên các tri thức về thế giới. Giữa nhận thức khoa học và thực tiễn có mối quan hệ biện chứng, bổ sung cho nhau, thúc đẩy nhau cùng phát triển. Ăngghen đã khẳng định: “Cũng như tất cả các khoa học khác, toán học sinh ra từ những nhu cầu thực tiễn của con người, từ việc đo diện tích các khoảnh đất và việc đo dung tích những bình chứa, từ việc tính toán thời gian và từ cơ học”.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1 Mô hình hóa và lí giải thế giới tự nhiên.

Một trong những vai trò quan trọng của toán học hiện đại là nó giúp chúng ta mô hình hóa và lý giải thế giới tự nhiên. Nhận thức của con người không thể xuất phát từ những hiện tượng ngẫu nhiên giản đơn. Chỉ có thể bằng các biện pháp toán học cùng với tư duy logic, hệ thống,

con người mới có thể dự đoán, khám phá ra những vấn đề có tính chất bản chất, quy luật thông qua những sự kiện ngẫu nhiên. Mối quan hệ giữa hai đối tượng của toán học là quan hệ về số lượng và hình dạng không gian của các sự vật đồng thời cũng là mối quan hệ phổ biến của thế giới vật chất. Ẩn giấu đằng sau những số lượng và hình dạng ngẫu nhiên là mối quan hệ phản ánh quy luật cơ bản về sự tồn tại và tác động lẫn nhau giữa các mặt, các yếu tố của sự vật, hiện tượng.

Trong lĩnh vực sinh học, các mô hình toán học đóng vai trò quan trọng trong việc tạo lập các mô hình kiểm chứng lý thuyết. Chúng giúp kiểm tra tính hợp lý của các chuỗi logic bằng cách cụ thể hóa các giả định bằng toán học. Các mô hình proof-of-concept được sử dụng để kiểm tra tính đúng đắn của các giả thuyết bằng cách so sánh các dự đoán toán học với kết quả thực nghiệm. Nếu các dự đoán không khớp, giả thuyết ban đầu bị coi là không đúng và cần được điều chỉnh hoặc loại bỏ. Bên cạnh đó, lý thuyết hỗn loạn giúp mô tả các hệ thống động học phức tạp và nhạy cảm với điều kiện ban đầu như thời tiết, động lực học chất lỏng và quỹ đạo hành tinh. Các công cụ toán học như lý thuyết bifurcation và đa tạp fractal giúp hiểu và dự đoán hành vi của các hệ thống này.

Toán học thông qua những khái niệm, phương pháp và cách tiếp cận của mình trở thành công cụ đắc lực cho tư duy nhận thức tạo ra mô hình về thế giới, phục vụ việc nghiên cứu, lý giải bản chất thế giới. Từ những dạng vật chất nhỏ nhất như nguyên tử và phân tử cho đến các hệ thống phức tạp như quá trình tương tác lẫn nhau giữa các sự vật, hiện tượng và xu hướng vận động, biến đổi của chúng, sự vận động của các mô hình kinh tế, quá trình biến đổi trong cơ thể con người, động lực thúc đẩy tương tác xã hội... và nhiều vấn đề khác đặt ra trong cuộc sống hiện nay. Với việc áp dụng các phương pháp toán học như lí thuyết xác suất và giải tích, chúng ta có thể mô hình hóa để thế giới để có thể đưa ra dự đoán khoa học nhằm điều chỉnh các hiện tượng, phục vụ cho hoạt động thực tiễn.

3.2. Mở rộng vùng giới hạn của nhận thức.

Những thành tựu của toán học hiện đại góp phần mở rộng vùng giới hạn của nhận thức. Những thành tựu trong toán học hiện đại không chỉ giúp giải quyết những vấn đề thực tiễn hiện tại mà còn mở ra con đường dẫn dắt chúng ta đến với những tri thức, hiểu biết vượt ra khỏi phạm vi hiện tại. Chẳng hạn, bằng việc chứng minh các phương trình toán học, ta có thể tìm ra bản chất của một sự vật, hiện tượng hay một quá trình nào đó mà trước

đó không một thí nghiệm hóa học hay một thực nghiệm vật lý nào có thể chứng minh được.

Trong lịch sử, các phương pháp thí nghiệm hóa học và thực nghiệm vật lý truyền thống không đem lại kết luận khoa học đủ tin cậy để các nhà hóa học hay vật lý học giải thích các hiện tượng phức tạp như tính chất của các liên kết hóa học, cấu trúc các phân tử phức tạp. Tuy nhiên, với sự phát triển của lý thuyết lượng tử, các nhà khoa học đã áp dụng lý thuyết và phương trình toán học (không gian Hilbert, phương trình Schrödinger) và các phương pháp toán học hiện đại (phương pháp Hartree-Fock, phương pháp DFT - Density Functional Theory...) để lý giải và nhận thức rõ hơn về cấu trúc các phân tử hữu cơ, sự tương tác giữa các phân tử, quá trình phản ứng hóa học diễn ra ở mức độ nguyên tử. Đây là những điều mà các thí nghiệm hóa học hay thực nghiệm vật lý truyền thống trước đây không thể làm được. Một thành tựu khác mà toán học hiện đại đã khai mở ra, đó là Machine learning và Deep learning - lĩnh vực có tính đột phá trong việc xử lý dữ liệu lớn (big data) và dữ liệu phức tạp. Lĩnh vực này dựa trên các lý thuyết toán học về không gian đa chiều, Đại số tuyến tính và đặc biệt là lý thuyết Xác suất, lý thuyết Thống kê. Mạng nơ-ron sâu (deep neural networks), mạng nơ-ron tích chập (CNNs) đã được chứng minh khả năng vượt trội trong khả năng tự học, tự điều chỉnh dữ liệu, nhận diện hình ảnh và âm thanh để đưa ra phán đoán, nhận biết có độ chính xác cao.

Một minh chứng khác là sự phát triển mở rộng của vật lý hiện đại dựa trên lý thuyết toán học. Trong lịch sử, cơ học cổ điển của Newton được xây dựng dựa trên các mô hình toán học thông thường trong không gian Euclid. Tuy nhiên cùng với sự phát triển của vật lý lý thuyết cũng như vật lý thực nghiệm, người ta phát hiện ra một số hiện tượng vật lý mâu thuẫn với cơ học cổ điển. Chẳng hạn khi đo vận tốc ánh sáng, rất nhiều thí nghiệm vật lý thực nghiệm cùng cho ra một kết luận: vận tốc ánh sáng là không đổi với mọi hệ quy chiếu. Điều này là hoàn toàn mâu thuẫn với lý thuyết cơ học cổ điển với phép cộng vận tốc: khi hệ quy chiếu quán tính B chuyển động với vận tốc v so với hệ quy chiếu quán tính A, hệ quy chiếu quán tính C lại chuyển động với vận tốc v' với hệ quy chiếu quán tính B, theo cơ học cổ điển thì hệ quy chiếu quán tính C sẽ chuyển động với vận tốc $v+v'$ so với hệ quy chiếu quán tính A. Tuy nhiên điều này không còn đúng khi các hệ quy chiếu chuyển động với vận tốc cực lớn (xấp xỉ vận tốc ánh sáng). Điều đó chứng minh lý thuyết cơ học

cổ điển của Newton không còn phù hợp để mô tả thế giới tự nhiên. Thực tế đó đã đặt ra yêu cầu phải có một mô hình vật lý khác mô tả chính xác hơn về cơ học và thuyết tương đối hẹp của Einstein ra đời, về cơ bản đã khắc phục được những kết quả thực nghiệm trước đó không phù hợp với cơ học cổ điển, và để xây dựng được mô hình cơ học tương đối tính, Einstein đã cần những công cụ toán học tương đối hiện đại thời bấy giờ: các phép biến đổi Lorentz, hệ tọa độ không-thời gian bốn chiều, ten xơ... cho phép con người nhận thức sâu sắc và đầy đủ hơn về thế giới. Ngoài ra, trong lịch sử phát triển của các khoa học, rất nhiều lý thuyết đã chứng minh cho vai trò của toán học trong việc mở rộng giới hạn nhận thức của con người thông qua việc áp dụng toán học vào các lĩnh vực khoa học cụ thể khác.

3.3. Phát triển tư duy logic, trừu tượng hóa.

Tư duy là giai đoạn phát triển cao của quá trình nhận thức, phản ánh thế giới một cách khái quát, tích cực và sáng tạo. Nhờ có tư duy logic và trừu tượng hóa, con người có thể khám phá ra chân lý, nắm bắt được những mối quan hệ khách quan bản chất, những quy luật tất yếu của các sự vật, hiện tượng, từ đó hình thành nhận thức khoa học. Nhận thức khoa học phản ánh dưới dạng logic trừu tượng những thuộc tính, mối quan hệ bản chất, quy luật của thế giới khách quan. Toán học hiện đại đòi hỏi tư duy logic và trừu tượng cao thông qua việc áp dụng các quy luật logic và trừu tượng hóa để tìm ra phương pháp giải quyết những vấn đề phức tạp. Nghiên cứu của Trung tâm Kiến thức và học tập trực tuyến (ECLKC) của Mỹ đã chỉ ra: toán học với các khái niệm trừu tượng và tổng hợp có thể giúp trẻ em kết nối các ý tưởng, phát triển tư duy logic và trừu tượng, tăng cường khả năng đặt câu hỏi và khám phá thế giới xung quanh mình.

Chẳng hạn như hình học đại số, lý thuyết không gian vector, đại số tuyến tính... là những lĩnh vực quan trọng của toán học hiện đại cho phép chúng ta hiểu rõ các không gian đa chiều thông qua việc mô hình hóa không gian từ ba chiều cho đến các không gian nhiều chiều khác. Trong không gian này, chúng ta sử dụng các khái niệm trừu tượng hóa như vector, ma trận để biểu diễn các điểm, các đối tượng. Các không gian, khái niệm này không thể được nhìn thấy trực tiếp hay cảm nhận bằng các giác quan nhưng nó có tính ứng dụng cao trong nhiều lĩnh vực như khoa học dữ liệu, lập trình, thiết kế đồ họa. Trong không gian nhiều chiều, lý thuyết toán học hiện đại cho phép biểu diễn các dữ liệu phức tạp, mô hình hóa sự biến đổi và mối quan hệ tác động lẫn nhau giữa chúng.

Điều này cung cấp cho chúng ta sự hiểu biết sâu sắc hơn về cấu trúc, về tính chất của dữ liệu, từ đó phát triển suy luận logic và trừu tượng hóa.

3.4. Nền tảng cho nghiên cứu và phát triển khoa học công nghệ.

Toán học, “xét về mặt bản chất là một khoa học hết sức trừu tượng”. Trong đó thì những khái niệm, quy luật của toán học hiện đại chính là sự trừu tượng hóa và khái quát hóa cao về những sự vật, hiện tượng cụ thể cũng như những tính chất cơ bản đặc trưng của chúng. Chính sự trừu tượng đúng đắn này làm cho toán học hiện đại có khả năng cung cấp các công cụ và phương pháp giải quyết những vấn đề phức tạp trong thế giới, chẳng hạn như việc mô hình hóa và trừu tượng hóa các vấn đề thành những công thức, bài toán toán học. Bên cạnh đó, toán học hiện đại còn đóng vai trò nền tảng cho việc nghiên cứu, phát triển các lý thuyết mới, kiểm chứng nó trong các lĩnh vực khoa học công nghệ khác nhau.

Trong vật lý học hiện đại, công cụ toán học đóng vai trò quan trọng để giải quyết những vấn đề phức tạp như thuyết tương đối hay thuyết lượng tử - hai lĩnh vực quan trọng của vật lý học hiện đại đều phát triển dựa trên cơ sở phương pháp và công cụ toán học. A. Einstein khi phát triển thuyết tương đối rộng đã vận dụng triệt để lý thuyết toán học hiện đại như độ cong Riemann, giải tích Tensor, hình học không gian, phép biến đổi của Lorentz. Trong khi đó, lý thuyết lượng tử mô tả các quá trình, hiện tượng xảy ra ở mức độ siêu nhỏ như cấp độ nguyên tử, hạt hạ nguyên tử. Lý thuyết lượng tử cung cấp khung lý thuyết để nhận thức về thế giới vật chất ở cấp độ vi mô nhưng lại có ảnh hưởng lớn đến các hệ thống vĩ mô khác. Xây dựng lý thuyết lượng tử không thể dựa trên lý thuyết vật lý cổ điển mà cần phải sử dụng các công cụ mạnh mẽ của toán học hiện đại như khái niệm về Nhóm trong toán học, phương pháp mô phỏng Monte Carlo hay phương pháp giải các phương trình Schrödinger. Các phương pháp này liên quan đến việc giải các phương trình toán học phức tạp và tính toán các tích phân và ma

trận lớn, đồng thời yêu cầu sự hỗ trợ của các công cụ tính toán mạnh mẽ.

Cùng với đó, sự phát triển mạnh mẽ của lý thuyết về Xác suất - Thống kê đã trở thành cơ sở giúp cho rất nhiều ngành khoa học khác phát triển như: Sinh học, Kinh tế học, Xã hội học... Như vậy, toán học không chỉ là công cụ hữu ích mà còn là nền tảng chính trong nghiên cứu và phát triển khoa học, cung cấp cơ sở lý thuyết và phương pháp để mô hình hóa, phân tích, và giải quyết các vấn đề mới, phức tạp.

IV. KẾT LUẬN

Ngày nay, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học - công nghệ, các lý thuyết toán học cũng không ngừng được phát triển, bổ sung. Vai trò của toán học hiện đại ngày càng được thể hiện rõ nét hơn trong nhiều lĩnh vực, từ khoa học, công nghệ cho đến tư duy nhận thức của con người. Trên cơ sở lý luận của Chủ nghĩa Mác - Lênin về nhận thức, nhận thức khoa học, bài viết đã khái quát những thành tựu nổi bật của toán học hiện đại và chứng minh, luận giải một cách khách quan, đa chiều những thành tựu đó nhằm làm nổi bật và khẳng định vai trò to lớn của toán học hiện đại đối với sự phát triển nhận thức khoa học. Toán học hiện đại không chỉ là công cụ hữu ích mà còn là nền tảng chính trong nghiên cứu và phát triển khoa học, cung cấp cơ sở lý thuyết và phương pháp để mô hình hóa, phân tích và giải quyết các vấn đề phức tạp, hỗ trợ đắc lực cho con người trong quá trình tìm hiểu, khám phá thế giới, tạo ra những công cụ khoa học tiên tiến. Càng ứng dụng toán học nhiều, chúng ta càng nhận thấy toán học ngày nay không chỉ đóng vai trò là công cụ mà đã trở thành nền tảng cho sự phát triển trong nhận thức và nghiên cứu khoa học, góp phần quan trọng vào việc giải quyết những vấn đề thách thức của thế giới hiện đại. Qua đó, bài viết góp phần khẳng định vai trò quan trọng của toán học hiện đại trong việc giải quyết những thách thức của thế giới hiện đại, nâng cao chất lượng giáo dục và phát triển nhận thức khoa học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Korryn Bodner (2021), *Ten simple rules for tackling your first mathematical models: A guide for graduate students by graduate students*, Plos computational biology, January 14, 2021.
- Nguyễn Cang (1999). *Lịch sử toán học*. NXB Trẻ, TP. Hồ Chí Minh.
- James Carlson, *The Poincaré Conjecture*, Clay Research Conference Resolution of the Poincaré Conjecture Institut Henri Poincaré Paris, France, June 8–9, 2010.
- Lê Văn Đoán, Cao Thị Sinh (2018). *Thế giới quan và phương pháp luận nhận thức khoa học*. NXB Hồng Đức, Hà Nội.
- Nguyễn Như Hải (2008). *Triết học trong khoa học tự nhiên*. NXB Giáo dục, Hà Nội.
- Bùi Mạnh Hùng (2004). *Tiếp cận một số vấn đề về nhận thức khoa học*. Tạp chí Triết học, số 8 (2004).