ریاضیات زیستی: پیدایش و بالندگی

غلامرضا رکنی لموکی\*

دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

\* نویسنده مسئول: rokni@ut.ac.ir

چکیده: ریاضیات زیستی در سده بیست و یکم بسیار مورد توجه قرار گرفته است، ولی جنبه هایی از این توجهات به ویژه چگونگی شکل گیری آن همچنان ناگفته باقی مانده است. در این مقاله به اختصار به مسیری که در این راه طی شده است پرداخته می شود و به برخی از افق های پیش رو اشاره می گردد.

**کلید واژه‌ها:** ریاضیات زیستی، زیست ریاضی ، نظریه های پایه، رنه دکارت، گالیلئو گالیله

۱- مقدمه

اغلب این طور تصور می شود که رابطه ریاضیات و زیست شناسی در سده بیستم شکل گرفته است و در سده های شانزدهم تا نوزردهم رابطه ای به قوت رابطه ریاضیات و فیزیک میان زیست شناسی و ریاضیات برقرار نبوده است. این پیش فرض زمانی مورد تردید قرار می گیرد که به نقش ریاضی دانان در شکل گیری تفکر مدرن در زیست شناسی توجه گردد. در سده بیستم مثال های بسیار شاخصی از شکل گیری فعالیت های زیست شناسانه توسط ریاضی دانان وجود دارد. هر چه به انتهای سده بیستم و آغاز سده بیست و یکم نزدیک می شویم، این شاخص ها قدرت مند تر می گردند. از جمله مسائلی که با جدیت مورد توجه ریاضی دانان قرار گرفته می توان به دیابت، قلب، غدد درون ریز، دستگاه عصبی، بینایی، بیو مکانیک، و تنفس و مدل های ریاضی آنها اشاره کرد[۲]، [۵]. از دیگر تاثیرات متقابل ریاضیات و زیست شناسی، تاثیر بر جنبه های فلسفی و قوانین کلی حیات است. از افراد صورت دهنده مرز های نوین ریاضیات و زیست شناسی می توان به نوربرت وینر با نظریه سایبرنتیک اشاره کرد که مفهومی بین رشته ای بر اساس رابطه میان انسانها و ماشینها است. نظریه معادلات دیفرانسل، دستگاه های دینامیکی و نظریه کنترل، ابزار هایی بوده اند که توسط ریاضی دانان مورد استفاده قرار گرفتند. سده بیست و یکم طبیعتی متفاوت دارد. گویا باید انتظار ورود زیست شناسان را به حوزه ریاضیات داشته باشیم، به گونه ای به سختی بتوان تشخیص داد که ریاضی دان نیستند.

حضور ریاضی در حوزه های زیستی امری است که قدمت بسیار دارد به طوری که ریاضی معیار سنجش بسیاری از رخداد های زیستی بوده است، از ثبت داده ها تا به کارگیری منطق و روش شناسی ریاضی برای درک کارگرد مفاهیم زیستی. این دیدگاه با ابدع آنالیز ریاضی که صورت توسعه یافته حساب بی نهایت کوچک های نیوتن است، قوت گرفت و ریاضی در قامت پای ثابت گفتمان های زیستی قرار گرفت. در طی زمان ریاضی گسترش یافت و پا به پای آن نگرشی نوین در زیست شناسی تولد یافت که با عنوان ریاضیات زیستی شناخته می شود.

بر این اساس، ریاضیات زیستی مانند بسیاری دیگر از علوم بشری زاده ذهن و فکر بشر است و خلقت آن مرهون تقابل دو طرفه تجربه و اندیشه است. از این روست که برای آن پیدایش را قائلیم. از دیدی دیگر، مانند همه حوزه های دانش بشری هنگام ظهور در عالی ترین قامت ممکن خود قرار نداشته ولی در طی زمان تحول یافته و بر عمق آن افزوده شده است. این تحول در راستای تجربه مسائل نو و در راستای اندیشه ها و روش های نوین قرار داشته است. این امر موجب شناخت و معرفتی متفاوت برای انسان از حوزه های زیستی شد که بدون استفاده از چارچوب این اندیشه نوین اصولا مقدور نبود. به عنوان نمونه ای قدیمی از استفاده منطق ریاضی، و نه لزوما تکنیک ریاضی، در حوزه زیست می توان به مطالعه رولو [۱۶] در زمینه دیابت اشاره کرد. از دیگر موارد می توان مطالعه به دانزیگر [۱۷] و کشف پدیده نوسان-آرمش در تیروئید اشاره کرد. از دیدگاه های مبتنی بر نظریه های مدرن ریاضی مانند نظریه کنترل می توان به حوزه متابولیسم و ساختارهای بلوک دیاگرامی و فلوچارتی آن، و نیز از دیگر نمونه های نگرش ریاضیات زیستی به مسائل پزشکی می توان به مطالعه دینامیکی مدیریت واحد های مراقبت های پزشکی مانند آی سی یو [۱۸] اشاره کرد.

ولی این همه انتظاری نیست که ممکن است ما از ریاضیات زیستی داشته باشیم. از عنوان ریاضیات زیستی، عنوان جدیدی نیز منشعب شده است که زیست ریاضی است. ریاضیات زیستی مفاهیم زیستی را به دنیای ریاضی وارد می کند و با ابزارهای ریاضی به ارائه استنباط هایی در باره آنها می پردازد. از دهه های پایانی سده بیستم حوزه هایی مانند علوم اعصاب ریاضی، علوم اعصاب محاسباتی و نظایر آن در این چارچوب شکل گرفتند. در مقابل زیست ریاضی به مسائل زیست شناسی در درون حوزه زیست شناسی با وارد کردن ابزار ریاضی می پردازد. در همین دوران حوزه هایی مانند سیستم بیولوژی، بیو انفورماتیک و نظایر آن در این چارچوب شکل گرفتند. این دو زمینه روز به روز به یکدیگر نزدیک تر می شوند به گونه ای که گاهی تمایز میان آنها دشوار است. در ریاضیات زیستی، مسائل نوین زیست شناسی برای ریاضی نقشی ایده بخش دارند، چنان که در سده های پیشین مکانیک برای ریاضی ایده بخشی می کرد. در زیست ریاضی، نقش ریاضی چون یک ابزار نوین است، چنان که از دیر باز میکرسکوپ ابزار مرسوم زیست شناسی بوده است [۱۹].

برای یک بررسی اجمالی به سده شانزدهم تا کنون اشاره می کنیم. جزییات بسیار زیادی در زمینه ریاضیات زیستی و زیست ریاضی پیش از این دوره و نیز در طی این دوره وجود داردکه طرح و شرح و بسط آنها نیازمند کارهای منسجمی است. در این مجمل، به اختصار به نوگرایی دکارت در دانش پزشکی و تنوع وجوه در دیدگاه های گالیله می پردازیم. سپس اشاره ای خواهیم داشت به سده بیستم و پس از آن.

۲- دکارت و نوگرایی در دانش پزشکی، و گالیله با وجوه متنوع

دکارت به عنوان نخستین فیلسوف نوگرای غرب و نیز به عنوان یک ریاضی دان بر نوع تفکر علمی جهان تاثیر شگرفی نهاد. در اثر مشهور دکارت با عنوان «گفتار در روش هدایت درست عقل» [۳] ضمن بر شمردن نقائص دانش بشری در حوزه پزشکی، به ایده هایی اشاره می کند که بر اساس آن به ارائه جزییاتی دقیق از بدن انسان بپردازد و قوانینی قابل اطمینان در پزشکی دریافت کند. او نوید توجه ای ویژه از جانب ریاضی دانان به زیست شناسی را بدست می دهد. پیش بینی او در طی زمان به وقوع پیوست. دکارت بر تاریخ پزشکی تاثیری عمیق داشته است [۱].

 گالیله در تحولات چند سده اخیر بسیار دخیل بوده است. ما او را با نظریه نسبیت گالیله و کتاب «گفتار پیرامون دو علم جدید» [۴] می شناسیم و او را یک فیزیکدان، نورشناس، و کیهان شناس می دانیم. ولی باید به یاد داشته باشیم که او فیلسوفی است که بنیانگذار فلسفه طبیعی نوین و موثر بر بسیاری از تجربه های فکری بشر امروزی است. اندیشه های او هنوز محل مناقشه است [۷]، [۸]، [۱۲]. در حوزه زیست شناسی، گالیله از سه وجه مهم برخورار است. او ابتدا به مدت سه سال دانشجوی پزشکی بوده است. دیدگاه گالیله در مطالعات فلسفه طبیعی در سایر حوزه های علوم مانند پزشکی و آناتومی نهادینه شد. رد توصیف قدیمی بدن انسان توسط او هم وزن رد هیات بطلمیوسی و فلسفه طبیعی ارسطو شمرده می شود. گالیله با ساخت تلسکوپ و میکروسکوپ ابزار را سر منشاء اکتشافات خود قرار داد و تاثیری شگرف و بدون نیاز به توضیح بر دانش پزشکی و زیست شناسی نهاد. گالیله، در وجه سوم خود، به عنوان فیزیکدان صاحب اثر «گفتار پیرامون دو علم جدید»، استاد و مبداء بیو مکانیک است و با به کار گیری مفاهیم استاتیک و دینامیک و قوانین مقیاس بندی خود ارتوپدی مدرن را شکل داد [۱۳].

از دوران دکارت و گالیله تا سده بیستم چند سده فاصله است که در هر مقطعی از آن گام های سترگی در راستای تعمیق ریاضیات زیستی برداشته شد. در نهایت، عنوان ریاضیان زیستی در سده بیستم نهادینه گردید.

۳- سده بیستم و پس از آن

 بر اساس منابع موجود، سال ۱۹۲۰ را می توان به عنوان سال تولد ریاضیات زیستی خواند [۱۴]. نگارش منابع جامع کتابی در ریاضیات زیستی از سال ۱۹۴۰ آغاز شده اند [۶]، [۱۰]. در ابتدا کتاب ها عنوان هایی مانند «پرسشها»، «روشها» و «مبانی» داشته اند. هر چه به پایان سده بیستم نزدیکتر می شویم، عنوان ها به صورتی جدی تر مانند «مقدمه»، «مدل»، و در نهایت «ریاضیات زیستی» صورت می پذیرند و تک نگاره ها شکل می یابند. سابقه مجلات ریاضیات زیستی نیز به دوره زمانی ۱۹۴۰ و یا کمی قبل از آن بر می گردد. در نیمه دوم سده بیستم، همایش ها نیز در حوزه ریاضیات زیستی ظاهر می گردند که خبر از جامعه ای در حال شکل گیری در میان ریاضی دانان می دهد.

 در سال های پایانی سده بیستم تا دو دهه اخیر سده بیست و یکم شاهد شکل گیری نظریه های پایه در زیست شناسی بر اساس دیدگاه ریاضی هستیم. این دیدگاه وضعیت یکطرفه پرداختن به زیست شناسی از جانب ریاضی دان ها را تغییر می دهد و زیست شناسان را به افرادی فعال در حوزه ساخت ابزار ریاضی مورد نیاز برای درک زیست شناسانه تبدیل می کند. یکی از این حوزه های مهم، نظریه ریاضی تکامل است [۱۱]. از حوزه های دیگر می توان به نظریه های کلاسیک مانند متریک شهشهانی [۹] که از جمله راه های ورود به دنیای زیست ریاضی جدید هستند اشاره کرد. همانگونه که در طی چند سده اخیر، تمایز میان فیزیکدان و ریاضی دان غیر ممکن شد، در آینده شاهد زیست شناسانی خواهیم بود که به اندازه یک فیزیکدان ریاضیدان نیز هستند.

 پیدایش ریاضیات زیستی، همانند سایر علوم، محصول سده ها اندیشه بشری است و بالندگی آن محصول دقت نظر و ژرف اندیشی است که همچنان ادامه دارد.

**مراجع:**

[1] Bayon H. P., René Descartes, 1596-1650, A Short Note on His Part in the History of medicine, *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, Vol. 43, No. 11, pp. 783-785, 1950.

[2] Mahan, Clare M., Chin Long Chiang, and John B. O'Sullivan, Mathematical Modeling of Early Diabetes Mellitus, *Mathematical Biosciences*, Vol. 84, No. 1, pp. 23-35, 1987.

[3] René Descartes, Discourse on the Method of Rightly Conducting one’s Reason and Seeking Truth in the Sciences, 1637.

[4] Galileo Galilei(1564–1642), Dialogue Concerning the Two Chief World Systems, 1632.

[5] Nielsen P. M., Le Grice I. J., Smaill B. H., and Hunter P. J., Mathematical Model of Geometry and Fibrous Structure of the Heart, *American Journal of Phisiology*, 260, 4, Pt. 2, H1365-78, 1991.

[6] Rashevsky N., *Advances and Applications of Mathematical Biology*, The University of Chicago press , 1940.

[7] Righini A., Galileo’s New Paradigm: The Ultimate Inconvenient Truth, Challenging the Paradigm, *The Legacy of Galileo Symposium*, pp. 3-9, 2019.

[8] Righini A., The Human and Scientific Tale of Galileo, Challenging the Paradigm, *The Legacy of Galileo Symposium*, pp. 101-119, 2019.

[9] Shashahani S., A New Mathematical Framework for the Study of Linkage and Selection, *Memories of American Mathematical Society*, 211, 1979.

[10] Swan G. W., A Bibliography of Mathematical Biology, In van den Driessche P, (eds) *Mathematical Problems in Biology,* Lecture Notes in Biomathematics, Vol 2. Springer, 1974.

[11] Woese C. R., A New Biology for a New Century, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, Vol. 68, No. 2,pp. 173–186, 2004.

[12] Zanatta A., F. Zampieri, C. Basso, and G. Thiene, Galileo Galilei(1564–1642): Science vs. Faith, *Global Cardiology and Science Practice*,Vol. 2, pp. 10, 2017.

[13] Jastifer J. R., L. H. Toledo-Pereyra, and P. A. Gustafson, Galileo(1564–1642)'s Contribution to Modern Orthopaedics, *Journal of Investigative Surgery*, Vol. 24, No. 4, 2011.

[14] Israel G., On the Contribution of Volterra and Lotka to the Development of Modern Biomathematics, *History and Philosophy of the Life Sciences*, Vol. 10, No. 1, pp.37 – 49, 1988.

[15] Rokni Lamouki, G. R., A veiw of relation between Biology and Mathematics: From 17thto 21th Century, Iranian Journal of Biology, Vol. 4, No. 8, pp. 7-25, 2021.

[16] Rollo J., An Account of two Cases of the Diabetes Mellitus, Annals of Medicine, VI, pp. 85-105, 1797.

[17] Danziger L, Elmergreen GL. The thyroid–pituitary homeostatic mechanism. Bull. Math. Biol.,18:1–13, 1956.

[18] Rokni Lamooki, G. R., Maleki, F., and Hajihosseini, A., A mathematical model for the admission process in intensive

care units, Commun Nonlinear Sci Numer Simulat, 19, 8-18, 2014.

[19] Cohen J. E., Mathematics Is Biology's Next Microscope, Only Better; Biology Is Mathematics' Next Physics, Only Better, PLoS Biol 2(12): e439, 2004.

Biomathematics: Genesis and Development

Gholam Reza Rokni Lamouki\*

 School of Mathematics, Statistics and Computer Science, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

\* Corresponding Author: rokni@ut.ac.ir

 *Abstract*— Mathematical Biology receives vast attention in the 21st century, but some parts of this attention such as its forming path are unclear. In this paper, this part is briefly discussed. Some of the future views are mentioned.

 Keywords—‌Biomathematics, Mathematical Biology, Fundamental Theories, Rene Descartes, Galileo Galilei.