مایکل دنتون

تکامل تدریجی

نظریه‌ای همچنان در بحران

ترجمهٔ اعظم خرام

بنگاه ترجمه و نشر
کتاب پارسه

پی‌نوشت‌ها

فصل اول

1. Michael Denton, Evolution: *A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler Publishers, 1986), 353.
2. Ibid., Chapter 5.
3. Denton, Evolution: *A Theory in Crisis*, Chapter 5; Ernst Mayr writes:

   یک مثلث، ذاتی‌نگری را به تصویر می‌کشد. همهٔ مثلث‌ها از مشخصات اصلی یکسانی برخوردارند و کاملاً از چهارضلعی یا هر شکل هندسی دیگری قابل تشخیص‌اند و شکل واسطه‌ای بین مثلث و چهارضلعی قابل تصور نیست.

   ["Darwin's Influence on Modern Thought," *Scientific American* (July 2000): 81–82.]
4. D'Arcy W. Thompson, *On Growth and Form*, 2nd ed. (New York: The Macmillan Company, 1945), 1094, available online at https://archive.org/details/ongrowthform00thom.
5. Denton, Evolution: *A Theory in Crisis*, 90–91, 213, Chapter 5; also see Frietson Galis and Johan A. J. Metz,"Evolutionary Novelties: The Making and Breaking of Pleiotropic Constraints," *Integrative and Comparative Biology* 47, no. 3 (September 2007): 409–419, doi:10.1093/icb/icm081.

   من هنوز هم معتقدم می‌توان براساس یکپارچگی کارکردگرایانهٔ موجودات زنده،

بحث قانع‌کننده‌ای علیه هر نوع تغییر عمدهٔ تکاملی ارائه داد.

6. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, 90–91, 213, and Chapter 5; also see Galis and Metz, "Evolutionary Novelties: The Making and Breaking of Pleiotropic Constraints."
7. For a modern edition of Owen, see Richard Owen, *On the Nature of Limbs: A Discourse*, edited by Ronald Amundson (Chicago: University of Chicago Press, 2007).
8. Günter P. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation* (Princeton: Princeton University Press, 2014).
9. Colin Patterson, "Morphological Characters and Homology," in *Problems of Phylogenetic Reconstruction*, edited by Kenneth Alan Joysey and Adrian E. Friday (New York: Academic Press, 1982), 21–74; Patterson defined homology as synapomorphy, 29 (see reference to Patterson in Wagner, *Homology Genes and Evolutionary Innovation*, 74–75); Ian J. Kitching, Peter L. Forey, Christopher J.Humphries, and David M. Williams, *Cladistics: The Theory and Practice of Parsimony Analysis*, 2nd ed., The Systematics Association Publication No. II (New York: Oxford University Press, 1998), Chapter 1, 2–3.

   سیناپومورفی هومولوگی است که در دو یا چند گروه طبقه‌بندی‌شده مشترک است و از جد مشترک به ارث رسیده است (اندام پنج انگشتی در گروه‌های مختلف تتراپود) و آپومورفی هومولوگی است که در اعضای مختلف یک گروه خاص مشترک است و در شکل اجدادی وجود ندارد (مو در پستانداران).
10. Richard Owen, *On the Nature of Limbs* (London: John Van Voorst, 1849), https://archive.org/details/Owen1849br46D.
11. Stephen Jay Gould, *The Structure of Evolutionary Theory* [henceforth SET] (Cambridge, MA: Belknap Press [Harvard], 2002), Chapters Four and Five; Ronald Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought*, Chapter 3.
12. Gould, SET, 252.
13. Ibid., Chapter 4.
14. Richard Owen, *On the Anatomy of Vertebrates*, vol. 3 (London: Longmans,

Green and Co., 1866), 809.

15. Edward Stuart Russell, *Form and Function* (London: Murray, 1916), 241; Gould, SET, 1070–1071.
16. Michael J. Denton, "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Pan-Selectionism," *BIO Complexity 2013*, no. 3 (2013): 5, doi:10.5048/BIO-C.2013.3.
17. Owen, *On the Nature of Limbs*.
18. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*, 20.
19. Denton, "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Pan-Selectionism," 1.
20. Nicolaas Adrianus *Rupke, Richard Owen: Biology without Darwin* (Chicago: Chicago University Press, 2009),Chapter 4, 113.
21. Denton, "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Pan-Selectionism," 5.
22. Denton, Nature's *Destiny: How the Laws of Biology Reveal Purpose in the Universe* (New York: Free Press, 1998), and Denton, "The Place of Life and Man in Nature: Defending the Anthropocentric Thesis," *BIO-Complexity 2013*,no. 1 (2013): 1–18, doi: 10.5048/ BIO-C.2013.1.c.
23. [Charles Darwin, *The Various Contrivances by Which British and Foreign Orchids Are Fertilised by Insects*, 2nd ed.(London: John Murray, 1882), 238–239.]

این موضوع که داروینیست‌های تندرو همچنان به این شباهت ماشینی پایبندند، در هر خوانشی از آثار جورج ویلیامز، ژاک مونود، ریچارد داوکینز، یا دنیل دنت کاملاً مشهود است.

در این عبارات به‌وضوح مشخص است که داروین چیزی بیش از مجموعه‌های مونتاژشدهٔ مکانیکی و کارکردی نمی‌داند و آن‌ها را مجموعه‌هایی از سازگاری‌هایی که ذره‌ذره برای رفع چالش‌های محیطی می‌داند: اگر کسی برای هدف خاصی، ماشینی بسازد و در ساخت آن از چرخ‌ها، فنرها و تسمه‌های قبلی استفاده کند و فقط تغییر کوچکی در ماشین ایجاد کند، در این حالت می‌توان گفت که کل این ماشین با تمام قطعاتش به‌طرز ویژه‌ای برای هدف فعلی ساخته شده است. بنابراین در سرتاسر

طبیعت هم هر بخشی از هر موجود زنده‌ای احتمالاً در خدمت به شرایطی که کمی تغییر کرده است و برای اهداف مختلف ایجادشده و درواقع در یک ماشین زنده برگرفته شده از شکل‌های مجزا و کهن عمل کرده است.

24. Russell, *Form and Function*, 78.

۲۵. جان ری در کتاب تجلی خرد خداوند در آثار خلقت موضع کاملاً منطبقی را اتخاذ کرده است، او در جایی از این کتاب می‌نویسد: «بنابراین می‌توان ثابت کرد که بدن انسان اثر حکمت خداوند است، زیرا هیچ نقصی در آن نیست. هیچ چیزی وجود ندارد که زائد و بی‌مصرف باشد و هر چیزی کاربرد و هدف خاص خودش را دارد.» و در صفحهٔ ۲۸۸ می‌نویسد: «پستان مردان نیز بیهوده یا صرفاً برای زینت نیست.» John Ray, *The Wisdom of God Manifest in the Works of Creation*, 7th ed.(1717) digitized by John McKeown, John Ray Initiative, http://www.jri.org.uk/ray/wisdom/wisdom_of_god.pdf, 227.

از این‌رو می‌توان اثبات کرد که بدن انسان اثری از حکمت است. زیرا هیچ‌چیز کم ندارد و هیچ‌چیز اضافی هم ندارد. در هرچه دارد، هدف و کاربردی نیز هست.

26. Gould, *SET*, Chapters Four and Five.

27. [René Descartes, *Treatise on Man* (New York: Prometheus Books,2003), 113]. See also his *Discourse on Method and Principles of Philosophy*. English natural theology also adopted the mechanistic analogy, as witnessed by Ray's *The Wisdom of God as Manifest in the Works of Creation* and Paley's *Evidences*.

این ایدهٔ ضمنی که از دیدگاه کارکردگرایانهٔ حیات برمی‌آید و بر زیست‌شناسی بعد از داروین مسلط شده است که موجودات زنده در نهایت موجوداتی ساخته‌شده شبیه به مونتاژ ماشین‌ها هستند. (یعنی بیش از مجموعه‌های پیچیده کارکردگرا یا قطعات مونتاژشدهٔ سازگارانه) مدت‌ها قبل از انقلاب داروینی نیز بوده است. در قرن هفدهم دکارت در رسالهٔ خود دربارهٔ انسان ادعا کرد که بدن انسان ماشینی پیچیده است که کارکردهایش به‌طور طبیعی از وضعیت اندام‌ها پیروی می‌کند. نه بیشتر و نه کمتر از حرکات یک ساعت یا یک آدم ماشینی که با ترکیب و آرایش وزنه‌ها و چرخ‌ها حرکت می‌کند.

28. Gould, *SET*, Chapter 7; Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought*.

29. Massimo Pigliucci and Gerd Müller, eds., *Evolution, the Extended Synthesis* (Cambridge, MA: MIT Press, 2010).See Chapter 1 by Pigliucci and Müller, "Elements of an Extended Synthesis," and Chapter 17 by Werner Callebaut,"The Dis/Unity in the Evolutionary Synthesis and its Extensions"; See also Gould, *SET*, Chapter 7.
30. Amundson, *The Changing Role of the Embryo*.
31. Thompson, *On Growth and Form*.
32. Lev Berg, *Nomogenesis: Evolution Determined by Law* (Cambridge, MA: MIT Press, 1966), 149.
33. Hans Driesch, *The Science and Philosophy of the Organism* (London: A. C. Black, 1929).
34. Arthur Koestler, *The Case of the Midwife Toad* (New York: Vintage Books, 1973).
35. In *The Origin of Species* (1972), Chapter 5, 108–111, In Chapter Fifteen, Darwin talks about natural selection beingaided by the use and disuse of parts, 416, 426, 429 (the last page of the book!).
داروین در مورد اثرات استفاده کردن یا استفاده نکردن از قطعات بحث می‌کند و احتمال ارثی بودن نقص عضوها را در نظر می‌گیرد.
36. Gould, *SET*, 576–579.
37. Ibid., 576.
38. Quoted in Gould, *SET*, 577 from William White Howells, *Mankind in the Making: The Story of Human Evolution* (Garden City, NJ: Doubleday, 1959), 24.
39. Ibid., 577.
40. Stephen Jay Gould and Richard Lewontin, "The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critiqueof The Adaptationist Programme," *Proceedings of the Royal Society of London, Series B 205*, no. 1161 (1979): 581– 598.
41. Gould used the term in his introduction to Björn Kurtén, *Dance of the Tiger: A Novel of the Ice Age* (New York:Random House, 1980), xvii–xviii.

42. Jerry Fodor and Massimo Piattelli-Palmarini, *What Darwin Got Wrong* (London: Profile Books Ltd., 2010).

43. Stephen Jay Gould, "Evolution's Erratic Pace," *Natural History* 86, no. 5 (1977): 12–16; http://creation.com/thatquote-about-the-missing-transitional-fossils; Stephen Jay Gould, *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History* (New York: Norton, 1992).

44. Colin Patterson, *Evolution* (London: The British Museum of Master Books, 1978); Brian G. Gardiner, Philippe Janvier, Colin Patterson, Peter L. Forey, Peter Humphrey Greenwood, Roger S. Miles, and Richard P. S. Jefferies,"The Salmon, the Lungfish and the Cow: A Reply," *Nature 277*, no. 5693 (January 18, 1979): 175–176,doi:10.1038/277175b0; "Darwin's Death in South Kensington," *Nature 289*, no. 5800 (February 26, 1981): 735–735,doi:10.1038/289735a0; Colin Patterson, "Darwin's Survival," *Nature 290*, no. 5802 (March 12, 1981): 82–83,doi:10.1038/290082b0.

45. "Darwin's Death in South Kensington," *Nature 289*, no. 5800 (February 26, 1981): 735–735, doi:10.1038/289735a0.

46. Keith Thompson, "A radical look at fish tetrapod relationships," *Paleobiology 7* (1981): 153–156; see Jeffery W.Pollard, ed., *Evolutionary Theory: Paths into the Future* (New York: Wiley, 1984), particularly Don E. Rosen'scomments on p. 96.

47. David M. Williams and Malte C. Ebach, *Foundations of Systematics and Biogeography* (New York: Springer, 2008).

48. Motoo Kimura, "Evolutionary rate at the molecular level," *Nature 217*, no. 5129 (1968): 624–626; "Motoo Kimura,"*Wikipedia*, accessed on August 17, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Motoo_Kimura.

49. The International Symposium entitled, Neodarwinistische oder Kybernetische Evolution, Heidelberg, West Germany, July 1987, ed., Schmidt F, (Heidelberg: University of Heidelberg Press, 1988.)] [See Paul. S. Moorhead and Martin M. Kaplan,Wistar Institute of Anatomy and Biology, *Mathematical Challenges to the Neo-Darwinian Interpretation ofEvolution: A Symposium*

Held at the Wistar Institute of Anatomy and Biology, April 25 and 26, 1966, (New York:Alan R Liss, 1967).]-

یکی از معدود پیامدهای خوشایند انتشار کتاب فر گشت: نظریه‌ای در بحران، در میان دریایی از خشم و اعتراضاتی که برانگیخته بود، دعوتی بود که از من برای ملاقات گرت نلسون و نورمن پلاتینگ در سال ۱۹۸۷ در موزهٔ تاریخ طبیعی امریکا به عمل آمد و یکی دیگر هم دعوت برای شام با روپرت ریدل بود که شاید بتوان گفت از برجسته‌ترین ساختارگرایان آن زمان بود. همچنین از طریق انتشار همان کتاب بود که با مارسل پُل شوتزنبرگ، ریاضیدان برجسته و از معروف‌ترین روشنفکران فرانسه که همچنین از منتقدان اصلی نوداروینیسم بود آشنا شدم و باعث شد مرا به بررسی دیدگاه ساختارگرایی سوق دهد.

50. Charles David Allis, Thomas Jenuwein, Danny Reinberg, and Marie-Laure Caparros, *Epigenetics* (Cold SpringHarbor, NY: Cold Spring Laboratory Press, 2007); Pigliucci and Müller, op. cit., Chapter 7; Eva Jablonka and MarionJ. Lamb, "Transgenerational Epi-genetic Inheritance," in *Evolution–the Extended Synthesis*, and Chapter 12; Gerd Müller, "Epigenetic Innovation."

51. Stuart A. Kauffman, *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution* (New York: Oxford University Press, 1993)

توجه داشته باشید که تورینگ مدت‌ها، قبل یعنی در سال ۱۹۵۲، مکانیزم خودسازماندهی را پیشنهاد کرد که قادر به تولید الگوهای زیستی بود.

see Alan Turing, "The chemical basis of morphogenesis," *Philosophical Transactions ofthe Royal Society of London*, Series B, Biological Sciences 237, no. 641 (August 14, 1952): 37–72.

52. Wagner, Homology, *Genes, and Evolutionary Innovation*, 230.

53. Richard O. Prum and Alan H. Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers," *Quarterly Reviewof Biology 77*, no. 3 (September 2002), 261-295, 289, emphasis added. For references cited in the passage, see the original article.

54. Douglas H. Erwin, "Macroevolution Is More than Repeated Rounds of Microevolution," *Evolution and Development 2*, no. 2 (March 2000): 78–84, doi:10.1046/j.1525-142x.2000.00045.x.

55. Eric H. Davidson and Douglas H. Erwin, "Gene Regulatory Networks and the Evolution of Animal Body Plans,"*Science 311*, no. 5762 (February 10, 2006): 796–800, doi:10.1126/science.1113832; Douglas H. Erwin and Eric H.Davidson, "The Evolution of Hierarchical Gene Regulatory Networks," *Nature Reviews: Genetics 10*, no. 2(February 2009): 141–48, doi:10.1038/nrg2499.
56. Jerry A. Coyne, "Comment on 'Gene Regulatory Networks and the Evolution of Animal Body Plans,'" *Science 313*,no. 5788 (August 11, 2006): 761, doi:10.1126/science.1126454.
57. Wagner, Homology, *Genes, and Evolutionary Innovation*, 11, emphasis added.
58. Ibid., 125.
59. See Suzan Mazur, "Scott Gilbert: Evolutionary Mechanisms & Knish," Feb. 18, 2009, http://www.suzanmazur.com/?p=4.
60. Pigliucci and Müller, *Evolution: the Extended Synthesis*.
61. Wallace Arthur, *Evolution: A Developmental Approach* (Oxford: Wiley-Blackwell, 2011).
62. Mazur, *The Altenberg 16*; Fodor and Piattelli-Palmarini, *What Darwin Got Wrong*.
63. Fodor and Piattelli-Palmarini, *What Darwin Got Wrong*, 77.
64. Ibid, emphasis added.
65. Ibid., 21.
66. Ibid, emphasis added.
67. Michael Ruse, "Form and Function: Placing Brian Goodwin," *in The Intuitive Way of Knowing: A Tribute to Brian Goodwin*, edited by Chris Chetland, David Lambert, and Craig Millar (Edinburgh: Floris Books, 2013).
روس در مقالهٔ برجسته‌ای با بررسی و تقابل الگوی کارکردگرایی و ساختارگرایی، به پایبندی خود به کارکردگرایی اعتراف می‌کند.
68. Jerry A. Coyne, *Why Evolution Is True* (New York: Oxford University Press, 2009).

69. Daniel Dennett, *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life* (New York: Simon & Schuster,1995).

70. Richard Dawkins, *The Blind Watchmaker*, new edition (London: Penguin, 2006).

71. John Burdon Sanderson Haldane, "The Cost of Natural Selection," J. Genetics 55 (1957): 511–524.

72. Sahotra Sarkar, "The Genomic Challenge to Adaptationism," *The British Journal for the Philosophy of Science*, Epub ahead of print (July 3, 2014), doi:10.1093/bjps/axu002;10.1073:

گرچه یک مشت داستان سازگارگرایانه در تمام حوزه‌های زیست‌شناسی ارائه شده است، تجزیه‌وتحلیل‌های نظری اخیر براساس ژنتیک جمعیت مبتنی‌بر ریاضیات به‌شدت حاکی از آن است که فرآیندهای غیرسازشی بر تکامل معماری ژنوم حاکم‌اند.

73. Peter B. Becker, ed., "A User's Guide to the Encyclopedia of DNA Elements (ENCODE)," The ENCODE Project Consortium, *PLoS Biology 9*, no. 4 (2011): e1001046, doi:10.1371/ journal.pbio.1001046; Manolis Kellis, BarbaraWold, Michael P. Snyder, Bradley E. Bernstein, Anshul Kundaje, Georgi K. Marinov, Lucas D. Ward, et al.,"Defining Functional DNA Elements in the Human Genome," *Proceedings of the National Academy of Sciences111*, no. 17 (April 29, 2014): 6131–6138, doi:10.1073/pnas.1318948111.

74. See Shi Huang, "Inverse Relationship between Genetic Diversity and Epigenetic Complexity," *Nature Precedings* (January 15, 2009), doi:10.1038/npre.2009.1751.2; Shi Huang, "The Genetic Equidistance Result of Molecular Evolution is Independent of Mutation Rates," J Comput Sci Syst Biol. 1 (December 26, 2008): 92–102; T.Hu, M.Long, D. Yuan, Z. Zhu, Y. Huang, and S. Huang, "The genetic equidistance result: misreading by the molecular clockand neutral theory and reinterpretation nearly half of a century later," *Sci China Life Sci*, 56 (2013): 254-261.

75. Thomas Nagel, *Mind and Cosmos: Why the Materialist Neo-Darwinian Conception of Nature Is Almost Certainly False* (New York: Oxford University Press, 2012).

76. See Stephen C. Meyer, *Signature in the Cell: DNA and the Evidence for Intelligent Design* (New York: HarperOne,2009) and the following posts: Jonathan M., "Two of the World's Leading Experts on Bacterial Flagellar Assembly-Take on Michael Behe," *Evolution News and Views*, March 8, 2013 http://www.evolutionnews.org/2013/03/kelly_hughes_an069881.html; Jonathan M., "ATP Synthase, an Energy-Generating Rotary Motor Engine," Evolution News and Views, May 15, 2013, http://www.evolutionnews.org/2013/05/atp_synthase_an_1072101.html; Jonathan M., "The Eukaryotic Cell Cycle: A Masterpiece of Design," *Evolution News and Views*, May 30, 2013,http://www.evolutionnews.org/2013/05/the_eukaryotic072631.html; Jonathan M., "Unwinding the Double Helix:Meet DNA Helicase," *Evolution News and Views,* February 20, 2013 http://www.evolutionnews.org/2013/02/unwinding_the_d_1069371.html.

77. Massimo Pigliucci, "An Extended Synthesis for Evolutionary Biology," *Annals of the New York Academy of Sciences* 1168, no. 1 (June 2009): 218–228, 218, doi:10.1111/j.1749-6632.2009. 04578 .x, emphasis added.

۷۸. از قضا اوون به‌وضوح طرح داروین را در حد یک فرضیه و ناپخته می‌دانست و همان‌طور که در بررسی معروف خود دربارهٔ کتاب خاستگاه گونه‌ها نوشتهٔ داروین، اشاره کرده است: پدیده‌های طبیعی که قبلاً به تسخیر علم درآمده‌اند هنوز هم بسیار کارآمدند و می‌توان برای توضیح اینکه ایجاد تیپ‌ها ممکن است براساس این قوانین باشد از آن‌ها استفاده کرد. همچنین نک:

Rupke, Richard Owen: Biology without Darwin,Chapter 5.

79. On page 796 of *Anatomy of Vertebrates* Owen comments:

در صفحهٔ ۷۹۶ از کتاب آناتومی مهره‌داران، اوون این‌طور اظهار کرده است: هر کس به تماشای مسابقات اسب‌دوانی شهر اسپون می‌رود از قبل این حس را دارد که این موجوداتی که به‌زیبایی آراسته و براق‌شده و از جلوی او قدم‌رو می‌روند از عالی‌ترین و زیباترین چهارپایان هستند. به‌همین‌ترتیب، معتقدم اسب از قبل برای انسان مقر و آماده شده است. ممکن است این طرز تفکر یک ضعف باشد، ولی اگر این‌طور باشد یک افتخار نیز به‌شمار می‌رود و نشان از بینشی هر چند مبهم از این حقیقت است که در سرتاسر دیوارهای محدود زندان ما، شواهدی از الوهیتی که

هدف و غایت ما را شکل می‌دهد نمایان است.

فصل دوم

1. Jonathan Weiner, *The Beak of the Finch* (New York: Knopf, 1994), 4. See also Francis Darwin, *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 1 (London: John Murray, 1887), 247. "This is shown in the following extract from his Pocket Book for this year (1837): 'In July opened first note-book on Transmutation of Species. Had been greatly struck from aboutthe month of previous March on character of South American fossils, and species on Galapagos Archipelago. Thesefacts (especially latter), origin of all my views.'" Text online athttps://archive.org/stream/LifeAndLettersOfCharlesDarwinV.1/LifeDarwin1#page/n1/mode/2up.

   آیساک نیوتن در جایی با شکسته‌نفسی بسیار نوشته است: اگر من بیش از دیگران دیده‌ام به دلیل آن است که بر شانه‌های غول‌ها ایستاده‌ام. آتشفشان‌های خاموش گالاپاگوس نیز شانهٔ غول‌هایی برای داروین بودند.

2. Stephen Jay Gould, *The Structure of Evolutionary Theory* [henceforth, SET] (Cambridge, MA: Belknap Press [Harvard], 2002), 109–111.

3. Ibid.

4. Akie Sato, Colm O'hUigin, Felipe Figueroa, Peter R. Grant, B. Rosemary Grant, Herbert Tichy, and Jan Klein, "Phylogeny of Darwin's finches as revealed by mtDNA sequences," *PNAS USA* 96, no. 9 (1999): 5101–5106.

5. Weiner, *The Beak of the Finch*, 17.

6. Ibid.

   فنچ کاکتوسی در میان کاکتوس‌ها لانه می‌سازد در میان آن‌ها می‌خوابد، همان‌جا جفت‌گیری می‌کند، از شهد آن‌ها می‌نوشد و از گل‌های کاکتوس می‌خورد، از گرده‌ها و دانه‌های کاکتوس... فنچ‌های خون‌آشام (vampire finch) بر پشت‌بوبی‌ها (boobie که به غازهای احمق مشهورند) می‌نشینند و بر بال‌ها و دم‌های آن‌ها نوک می‌زنند و خون می‌نوشند... یک نوع گیاهخوار هم وجود دارد که می‌داند چطور باید پوست شاخه‌ها را به‌شکل نوارهایی بکند و به لایهٔ زیرین می‌رسد، گونه دیگری هم هست که بر پشت ایگوانا می‌نشیند و آن‌ها را از شر کنه‌ها خلاص می‌کند. ایگوانا خودش

را به‌شکل گربه‌ای که نیاز به نوازش دارد درمی‌آورد و به این شکل آن‌ها را دعوت می‌کند تا روی پشت‌اش بنشینند.

7. Charles Darwin, *Voyage of the Beagle* (1845 edition), Chapter 17, 402.

8. Letter from Darwin to J. D. Hooker, January 11, 1844, *Darwin Correspondence Project*, University of Cambridge,2015, https://www.darwinproject.ac.uk/letter/entry-729.

9. Weiner, *The Beak of the Finch*; Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, *How and Why Species Multiply: TheRadiation of Darwin's Finches* (Princeton: Princeton University Press, 2008).

10. Natural Selection." [*On The Origin of Species* (London: John Murray, 1859), 126–127.]

هستهٔ اصلی نظریهٔ داروین مبنی‌بر انتخاب طبیعی در اصل بسیار ساده و قابل درک است. در قسمتی از بخش چهارم از خاستگاه گونه‌ها، او خلاصه‌ای از استدلال‌هایش را این‌طور بیان کرده: اگر طی دوره‌های طولانی از زمان و تحت شرایط مختلفی از حیات، در تمام بخش‌های موجودات زنده تفاوت‌هایی را پدید می‌آورد و این امری است که در آن هیچ جای بحثی وجود ندارد و اگر انبوه شدن جانداران طبق تصاعد هندسی، هر گونه‌ای را در هر سن، فصل یا دوره‌ای از هستی خود در معرض تنازع بقایی بسیار خشن قرار می‌دهد و این نیز امری است که هیچ جای بحثی ندارد، با توجه به پیچیدگی بسیار در روابط متقابل موجودات جاندار با هم و در برابر محیطشان، یعنی علل برانگیزنده تنوع فوق‌العاده در ترکیبات ساختمانی و ترتیبات رفتاری که می‌توان به حال موجود سودمند باشد، خیلی خارق‌العاده است که تغییراتی در مسیر ارتقا و تکامل موجود زنده روی ندهد. درحالی‌که آدمی از دیرباز از همین عوامل برای تدارک صور جدید استفاده کرده و می‌کند. هنگامی که سودمندی در ارگانیسم جاندار پدید می‌آید، افراد واجد آن، در تنازع بقا و دوام حیات، بخت بیشتری خواهند داشت و بر طبق قوانین توارث آن‌ها تمایل دارند فرزندانی با همین ویژگی‌ها تولید کنند. من این اصل را به اختصار، انتخاب طبیعی نامیده‌ام.

11. The answer is the 'Wallace Effect,' first proposed in Wallace's *Darwinism* in 1889 [Alfred Russel Wallace, *Darwinism—an Exposition of the Theory of Natural Selection—with Some of Its Applications* (London: Forgotten

Books, 2012),Chapter 7, 272.] Wallace speculated rightly that natural selection contributes to reproductive isolation by encouraging(as explained in a recent post): [Stephen Montgomery, "Speciation: The Origin of Species" CharlesDarwin & Evolution, Christ's College, Cambridge, 2009, http://darwin200.christs.cam.ac.uk/node/78.] That the Wallace Effect applies to the Galápagos finches has been firmly established by the research of the Grants. See Peterand Rosemary Grant, *How and Why Species Multiply: The Radiation of Darwin's Finches* (Princeton: PrincetonUniversity Press, 2011).

داروین اکثر موارد را به‌درستی تشخیص داده بود اما توضیحات او در مورد جزئیات مکانیسم گونه‌زایی خیلی واضح نیست. مثلاً چگونه دو واریته می‌توانند از نظر تولیدمثلی از هم جدا شوند. پاسخ را می‌توان در... یافت. والاس به‌درستی حدس زده بود که انتخاب n به انزوای تولیدمثلی کمک می‌کند. او این‌طور دیگران را برمی‌انگیزد که: جمعیت‌های مختلف برای جلوگیری از جفت‌گیری به این شکل عمل می‌کنند که هر جمعیتی سازگاری‌هایی خواهد داشت که تناسبش (بقا و تولیدمثلش) را با محیط اطرافش افزایش می‌دهد، جفت‌گیری بین افراد دو جمعیت مختلف این سازگاری‌ها را به‌هم می‌ریزد و درنتیجه، فرزندان آن‌ها نمی‌توانند با افراد هر دو جمعیت رقابت کنند. بنابراین چنین فرزندانی که ترکیبی از دو جمعیت هستند، از تناسب (بقا و تولیدمثل) کمتری برخوردارند. حال اگر فردی از یک جمعیت بخواهد با دیگری از نژاد دیگر تولیدمثل کند، فرزندان او شانس موفقیت کمتری نسبت به فرزندانی که در خود جمعیت پدید می‌آیند خواهند داشت. بنابراین انتخاب طبیعی به نفع مکانیسم‌های رفتاری یا مورفولوژیکی عمل می‌کند تا از اختلاط جلوگیری کند، با گذشت زمان این دو جمعیت از نظر تولیدمثلی جدا و دو گونه را تشکیل می‌دهند.

12. Bailey D. McKay, and Robert M. Zink, "Sisyphean Evolution in Darwin's Finches: Sisyphean Evolution in Darwin's Finches." *Biological Reviews* 90, no. 3 (August 2015): 689–98, doi:10.1111/brv.12127; see alsohttp://www.exploreevolution.com/exploreEvolutionFurtherDebate/2009/02/misrepresenting_the_galapagos_1.php.

13. Arhat Abzhanov et al., "Bmp4 and Morphological Variation of Beaks in Darwin's Finches," *Science 305*, no. 5689(September 3, 2004): 1462–1465, doi:10.1126/science.1098095; Arhat Abzhanov, Winston P. Kuo, Christine-

Hartmann, Rosemary Grant, Peter R. Grant, and Clifford J. Tabin, "The Calmodulin Pathway and Evolution ofElongated Beak Morphology in Darwin's Finches," *Nature 442*, no. 7102 (August 3, 2006): 563–567,doi:10.1038/nature04843; Ping Wu, Ting-Xin Jiang, Jen-Yee Shen, Randall Bruce Widelitz, and Cheng-MingChuong, "Morphoregulation of Avian Beaks: Comparative Mapping of Growth Zone Activities and MorphologicalEvolution," *Developmental Dynamics: An Official Publication of the American Association of Anatomists 235*, no. 5(May 2006): 1400–1412, doi:10.1002/dvdy.20825.

14. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, Chapter 4.
15. Darwin, *Origin of Species*, 6th ed. (London: John Murray 1872), 134.
16. Ibid., 84.
17. Ibid., 413-414.
18. Ibid., 146.

۱۹. توماس اچ. هاکسلی در هنگام مطالعه کتاب خاستگاه گونه‌ها بارها به داروین در مورد تأکیدش بر رویکرد تدریجی شدید هشدار داد:

"Huxley, T.H. to Darwin, C.R., Nov. 23,1859" Darwin Correspondence Project, University of Cambridge, 2015, http:// www.darwinproject.ac.uk/letter/entry-2544

داروین در بسیاری از موارد در کتاب خاستگاه گونه‌ها تأکید می‌کند که تکامل مبتنی‌بر انتخاب طبیعی یک فرآیند بسیار تدریجی است[1872: 114, 146, 156, 413-414]. او چندین بار از عبارت لاتین Natura non [1872: 156، 166، 234، 414] به معنای (طبیعت جهش نمی‌کند) استفاده کرده است.

[1872: 114, 146, 156, 413–414]. [1872: 156, 166, 234, 414].

20. Darwin, *Origin of Species* (1872), 23.
21. Ibid., 407.
22. Ibid., 266.
23. Gould, SET, 140, emphasis added.
24. Ibid., 141, 143.
25. Ibid., 150, emphasis added.

26. Ibid., 1027–1028.

27. Jonathan B. Edelmann and Michael J. Denton, "The Uniqueness of Biological Self-Organization: Challenging theDarwinian Paradigm," *Biology & Philosophy 22*, no. 4 (December 13, 2006): 579–601, 583, doi:10.1007/s10539-006-9055-5, internal citations omitted.

28. Richard Dawkins, *The Blind Watchmaker*.

29. Daniel Dennett, *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life* (New York: Simon & Schuster,1995), 21.

30. Ernst Mayr, "Darwin's Influence on Modern Thought," *Scientific American* (July 2000): 79–83.

31. Dawkins, *Blind Watchmaker*.

32. Mark Ryland, "Applying Natural Philosophy to a Modern Controversy:

درک متعارف و تقلیل‌گرایانه از نظریهٔ نوداروینی، غایت‌شناسی (مطالعهٔ حکمت غایی) واضح موجودات زنده را احتمالاً یک توهم کامل و در بهترین حالت نوعی پدیدهٔ اساساً غیرقابل توجیه که فقط در مورد موجودات زنده صادق است، تلقی می‌کند. این معنای توافقی «غایت‌شناسی» به تعبیر ارنست مایر و دیگران است. همین قطع ارتباط بین تجربهٔ مشترک ما از جهان هدفمند و یک نظریهٔ غایت‌شناسی تقلیل‌گرایانه است که زیربنای تردیدهای مداوم ما مورد کفایت و کامل بودن نوداروینیسم می‌شود. مسلماً قطع ارتباط بدتر از این است که برخلاف اکثر علوم نوین که آن را فقط از طریق قوانین غایت‌شناسی توضیح می‌دهند، نوداروینیسم آن را برحسب شانس و تصادف توضیح دهد. بنابراین نوداروینیسم بیش از آنکه غایت‌شناسانه باشد ضد غایت‌شناسانه است (anti ـ teological) چون برای شانس و تصادف، نقش مهم و حیاتی در نوآوری و پیشرفت تکامل قائل است. از این گذشته مناسب‌ترین حالت‌ها اول باید ایجاد شود تا بعد بتوانند «زنده بمانند» و این ایجاد شدن مناسب‌ترین‌ها یک تصادف محض است. انتخاب طبیعی صرفاً فرآیند غربال‌کنندهٔ حالت‌هایی است که از قبل وجود داشته و فرآیندی برای تولید مجدد هویت‌های زیستی است.

33. Ernst Mayr, "Darwin's Influence on Modern Thought," 80.

34. Mary P. Winsor, *Starfish, Jellyfish, and the Order of Life* (New Haven: Yale University Press, 1976); Edward Stuart Russell, *Form and Function* (London: Murray, 1916); Ronald Amundson, *The Changing Role of the Embryo*

in Evolutionary Thought: Roots of Evo-Devo (Cambridge: Cambridge University Press, 2005).

35. Dennett, *Darwin's Dangerous Idea*, 73-77.
36. Gould, *SET*, Chapter 4, 272.
37. Louis Agassiz, *Essay on Classification* (Mineola: Dover, 2004), 9.
38. Richard Owen, *On the Anatomy of Vertebrates*, vol. 3 (London: Longmans, Green and Co., 1866), 796.
39. Nicolaas Adrianus Rupke, Richard Owen: *Biology without Darwin* (Chicago: University of Chicago Press, 2009),Chapter 5, 141.
40. Richard Owen, *On the Anatomy of Vertebrates*, Vol. I: Fishes and Reptiles (London: Long-mans, Green, and Co.,1866), v–vi.
41. Dennett, *Darwin's Dangerous Idea*, 20.
42. Dawkins, *Blind Watchmaker*, xvii.
43. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, Chapter 4, page 92.
44. For micro-evolution on Hawaii see Steve Olson, *Evolution in Hawaii: A Supplement to Teaching About Evolutionand the Nature of Science* (Washington, D.C.: National Academies Press, 2004),http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10865&page=1.

فصل سوم

1. See Chapters Five and Six of *Evolution: A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler Publishers, 1986);Michael J. Denton, "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Pan-Selectionism," *BIOComplexity 2013*, no. 3 (February 25, 2013): doi:10.5048/BIO-C.2013.3; Mary P. Winsor, Starfish, Jellyfish, and theOrder of Life (New Haven: Yale University Press, 1976). As I wrote in my Bio-Complexity paper [Winsor, Starfish, Jellyfish, and the Order of Life, 4-5.]

همان‌طور که در مقالهٔ *Bio-Complexity* نوشته‌ام: گرچه زیربنای علیتی این سلسله مراتب درخور توجه ناشناخته بوده و هست، اما در اوایل قرن نوزدهم به‌طور گسترده‌ای فرض بر این بود که این ویژگی ماندگار و ذاتی طبیعت و بخشی از نظم

جاودان جهان است. همان‌طور که نیوتن توضیح علیتی برای حرکات سیارات که قبلاً کپلر معرفی کرده بود ارائه کرد، نهایتاً در زیست‌شناسی هم نیوتنی پیدا خواهد شد که یک توضیح علمی برای الگوی سلسله مراتبی طبیعت ارائه کند. همان‌طور که وینسور اظهارنظر کرده: به‌نظر می‌رسد بسیاری از زیست‌شناسان احساس کرده‌اند که حوزهٔ تخصصی آن‌ها گرچه هنوز به اندازهٔ حوزهٔ تخصصی داروین، دقیق، منسجم و منطقی نشده ولی پتانسیل تبدیل شدن به چنین حالتی را دارد... نقش دانشمند این است که در تنوع گیج‌کنندهٔ موجودات زنده، نظم و قانونمندی اصلی را کشف کند.

2. Edward Stuart Russell, *Form and Function* (London: Murray, 1916), 241; see also Winsor, *Starfish, Jellyfish, andthe Order of Life*, Chapter 4; and Ronald Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought:Roots of Evo-Devo* (Cambridge: Cambridge University Press, 2005), Chapter 2. See also my above-cited "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Pan-Selectionism." As Winsor points out [Winsor, *Starfish, Jellyfish, and the Order of Life*, Chapter 4], [Winsor, Starfish, Jellyfish, and the Order of Life,91.]. See also Dov Ospovat, *The Development of Darwin's Theory: Natural history, Natural Theology, and Natural Selection*, 1838-1859 (CambriageUniversity Press, 1995), chapter1.

این مفهوم که الگوی سلسله مراتبیِ حیات الگویی ذاتاً قانونمند است، در تلاش متخصصان رده‌بندی موجودات در اوایل قرن نوزدهم برای سازماندهی طرح‌های طبقه‌بندی‌شده برحسب الگوهای هندسی و عددی مانند سیستم دایره‌ای به پنج‌تایی ویلیام شارپ مک لی و سوینسون مشهود است. حتی هاکسلی نیز جذب این سیستم‌های هندسی منظم شد. وی دربارهٔ سیستم مک لی (ستارهٔ دریایی، عروس دریایی و نظم حیات) می‌گوید: به نظر من سیستم دایره‌ای با نظریهٔ واقعی شکل حیوانات مرتبط است به همان ترتیبی که قوانین کپلر با دکترین بنیادین نجوم در ارتباط هستند. تعمیم این سیستم به دیگر موارد در اکثر حالت‌ها درست است اما این‌ها قوانین تجربی‌اند و قوانین غایی نیستند. درواقع قوانین تشابه و تنوع رشد و شکل حیوانات حتی برای توضیح نظریهٔ دایره‌ای هم موردنیاز است. توجه هاکسلی به سیستم مک لی بر این نکته تأکید دارد که هدف اصلی زیست‌شناسی اوایل قرن نوزدهم یافتن توضیحات قانونمند در حوزهٔ زیستی بود. همین‌طور که وینسور

اظهارنظر می‌کند: او به پاسخ اصلی دست نیافته بود. به پاسخی شبیه به قانون جاذبهٔ زیست‌شناسی اما در همان جهت تلاش می‌کرد. هرچند این امر ممکن است در حوزهٔ زیست‌شناسی امروزی امر نابهنجاری به نظر برسد اما کاملاً با عقاید کارکردگرایانه گره خورده است و مفهوم اشکال حیات به‌عنوان شکل‌های تصادفی و اتفاقی نهایتاً با این عقیده هماهنگ است که نظم حیات در تاروپود هویت اشیاء، دقیقاً زایتگایست (روح زمانهٔ) زیست‌شناسی اوایل قرن نوزدهم است.

3. Mary Winsor, "The Creation of the Essentialism Story: An Exercise in Metahistory," *History and Philosophy of the Life Sciences 28* (2006): 149-174.

4. Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought*, 11.

آماندسون مشاهدهٔ پیچیده‌ای انجام و نشان داد که چگونه مدافعان تاریخ‌نگاری سعی کردند سهم اوون را در رد آنچه آماندسون، teleological finalism یا انتهانگری منطبق بر اصول غایت‌شناختی (سازگارگرایان) نامید، کم‌اهمیت جلوه دهند.

5. Ibid., 18.

6. Ibid., 62.

7. Hans Jonas, *The Phenomenon of Life: Toward a Philosophical Biology* (Evanston, IL: Northwestern UniversityPress, 2001), 94–95.

۸. اصطلاح طرح بدن (Bauplan) به‌طور کلی به طرح‌های زمینه‌ای و جدید تیپ‌های اصلی اشاره دارد. مانند طرح بدن‌های نژادهای مختلف یا رده‌های اصلی از موجودات زنده‌ای مثل حشرات و همچنین هومولوگ‌های پیچیده‌ای مثل اندام‌های پنج انگشتی یا گل‌های نهاندانگان. طرح بدن‌ها به‌طور کلی مجموعه‌ای از هومولوگ‌های جدیدند که معرف تیپ‌شان هستند. مثلاً طرح بدن سلول شامل چندین هومولوگ جدید مانند رمزژنتیکی، ریبوزوم، غشای سلول و مسیرهای متابولیکی هسته و غیره است. طرح بدن گل هم شامل مجموعه‌ای از هومولوگ‌های جدید مثل کاسبرگ، گلبرگ و غیره است.

9. Rupert Riedl, "A Systems-Analytical Approach to Macro-Evolutionary Phenomena," Quarterly Review of Biology 52, no. 4 (1977): 351–370.

10. For references see Casey Luskin, "Is the Latest 'Feathered Dinosaur' Actually a Secondarily Flightless Bird?," *Evolution News & Views*, Nov. 12, 2008,http://www.evolutionnews.org/2008/11/is_the_latest_feathered_dinosa013131.html.

در مورد وجود خزندگانی که پر داشته‌اند اختلاف‌نظر وجود دارد. برخی از محققان استدلال می‌کنند که آن‌ها در واقع پرندگانی بوده‌اند که قادر به پرواز نبودند و نه خزنده یا دایناسور.

11. "Dinosaur," *Wikipedia*, accessed on August 18, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Dinosaur.
12. Penelope J. Gullan and Peter S. Cranston, *The Insects: An Outline of Entomology*, 4th ed. (Chichester, West Sussex:Wiley-Blackwell, 2010), section 2.42, page 46.
13. Louis P. Ronse De Craene, *Floral Diagrams: An Aid to Understanding Flower Morphology and Evolution* (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2010).
14. Ramin Yadegari and Gary N. Drews, "Female Gametophyte Development," *The Plant Cell* 16, no. suppl. 1 (June2004): S133–S141, doi:10.1105/tpc.018192;Valayamghat Raghavan, "Some Reflections on Double Fertilization,from Its Discovery to the Present: Tansley Review," *New Phytologist* 159, no. 3 (July 25, 2003): 565–583,doi:10.1046/j.1469-8137.2003.00846.x.
15. See Dr. Larry Jensen's video, "Mitochondria," "Reproductive Cycle of Flower Plants/The Amazing Lives of Plants,"online video clip, YouTube, published by McGraw-Hill (2003) web, http://www.youtube.com/watch?v=0UEpq1W9C_E; Ramin Yadegari and Gary N. Drews, "Female Gametophyte Development," The Plant CellOnline 16, no. suppl_1 (March 12, 2004): S133–S141, doi:10.1105/tpc.018192.
16. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, Chapter 5; "Mammal," Wikipedia, accessed on August 18, 2015,https://en.wikipedia.org/wiki/Mammal; for the six layers of the cortex see Korbinian Brodmann, and Laurence J.Gary, *Brodmann's Localization in the Cerebral Cortex: The Principles of Comparative Localisation in the CerebralCortex Based on Cytoarchitectonics* (New York: Springer, 2006), Chapter 1, 33; For a list of mammalian characters,see Günter P. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation* (Princeton: Princeton University Press, 2014)table 4.1, 128.

17. Irma Varela-Lasheras, Alexander J. Bakker, Steven D. van der Mije, Johan A. J. Metz, Joris van Alphen, andFrietson Galis, “Breaking Evolutionary and Pleiotropic Constraints in Mammals: On Sloths, Manatees and Homeotic-Mutations,” *EvoDevo* 2 (2011): 11, doi:10.1186/2041-9139-2-11.

18. “Dentition,” *Wikipedia*, accessed on August 18, 2015, https://en.wikipedia.org/wiki/Dentition.

19. Brooke A. Armfield, Zhengui Zheng, Sunil Bajpai, Christopher J. Vinyard, and JGM Thewissen, “Development andEvolution of the Unique Cetacean Dentition,” *PeerJ* 1 (February 19, 2013): e24, doi:10.7717/peerj.24.

20. Wallace Arthur, *Evolution: A Developmental Approach* (Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2011), Chapter13. See section titled “Centipede Segments.”

21. Ibid., Chapter 9, see section 9.4

22. Gregory D. Edgecombe and Gonzalo Giribet. “Evolutionary Biology of Centipedes (Myriapoda: Chilopoda)”*Annual Review of Entomology* 52, no. 1 (January 2007): 151– 170, doi:10.1146/annurev.ento.52.110405.091326.

۲۳. نام "coleoptera" (بال_ سپر) را ارسطو به بال‌های جلویی که مانند سپر سفت شده‌اند، داد.

24. Owain Westmacott Richard, and Richard Gareth Davies, *Imms’ General Textbook of Entomology*, vol. 2., 10th ed.(London: Chapman and Hall, 1977), 816.

25. David R. Maddison, “Coleoptera,” *Tree of Life web project*, September 11, 2000, http://tolweb.org/Coleoptera/8221.

26. Olivier Béthoux, “The Earliest Beetle Identified,” *Journal of Paleontology* 83, no. 6 (November 2, 2009): 931–937.doi:10.1666/08-158.1.

27. Richard and Davies, *Imms’ General Textbook of Entomology*, 1234.

28. Christian Rabeling, Jeremy M. Brown, and Manfred Verhaagh. “Newly Discovered Sister Lineage Sheds Light onEarly Ant Evolution,” *Proceedings of the National Academy of Sciences 105*, no. 39 (September 30, 2008): 14913–14917. doi:10.1073/pnas.0806187105.

29. Edward O. Wilson and Bert Hölldobler, *The Ants* (Boston: Harvard University Press), Chapter 2.

30. Sean Carroll, *Endless Forms Most Beautiful: The New Science of Evo Devo and the Making of the Animal Kingdom* (New York: W. W. Norton & Co., 2006), 201, fig. 8.2; "Nymphalidae," *Wikipedia*, accessed on August 18, 2015,http://en.wikipedia.org/wiki/Nymphalidae.

31. Noam Chomsky, *The Science of Language: Interviews with James McGilvray* (New York: Cambridge UniversityPress, 2012).

32. Jerry Coyne, "Bill Nye Won Last Night's Creationism Debate," *The New Republic*, February 5, 2014, http://www.newrepublic.com/article/116478/bill-nye-ken-ham-debate-creationism-and-evolution-science-wins; see also Coyne's *Why Evolution Is True* (New York: Viking Penguin, 2009).

33. Jerry Coyne, *Why Evolution Is True* (New York: Oxford University Press, 2009).

34. Stephen Jay Gould, *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History* (New York: Norton, 1992), 189;Gould, "Evolution's Erratic Pace," *Natural History 86*, no. 5 (May 1977): 14.

35. Riedl, "A Systems-Analytical Approach to Macro- Evolutionary Phenomena," 351–370, 354.

36. John Beatty, "Classes and Cladists," *Systematic Zoology 31*, no. 1 (March 1982): 25–34, emphasis added, accessible from http://www.jstor.org/discover/10.2307/2413411? uid=3739136&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104215743803.

37. See discussion in Chapter 6, section 6.1.

38. Riedl, "A Systems-Analytical Approach to Macro- Evolutionary Phenomena," 351–370.

39. Gould, SET, 1065, emphasis added.

40. Norman I. Platnick, "Defining Characters and Evolutionary Groups," *Systematic Zoology 31*, no. 3 (September1982): 282–284, 282, accessible from http://www.jstor.org/discover/10.2307/2413233? uid=3739136&uid=2&ui

d=4&sid=21104215660463.'

41. Gareth Nelson and Norman Platnick, *Systematics and Biogeography* (New York: Columbia University Press, 1981),328, emphasis added. See also Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, chapter 5.

۴۲. موزهٔ تاریخ طبیعی در کنزینگتون جنوبی در بریتانیا و موزهٔ تاریخ طبیعی امریکا در نیویورک.

۴۳. همان‌طور که قبلاً در فصل اول ذکر شد، برای بررسی بسیاری از مناقشات پیرامون «ظهور کلادیسم» در دههٔ ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، نک به:

David Williams, *Foundations of Systematics and Biogeography* (New York: Springer,2008), Chapter 6.

44. Charles Darwin, *Origin of Species*, 6th ed. (London: John Murray 1872), 264 (Chapter 10): "The distinctness ofspecific forms, and their not being blended together by innumerable transitional links, is a very obvious difficulty."

45. Penny Higgins, "Use and Abuse of the Fossil Record: Defining Terms," *Skeptical Inquirer*, The Committee for Skeptical Inquiry, September 9, 2006http://www.csicop.org/specialarticles/show/use_and_abuse_of_the_fossil_record_defining_terms.

46. Wallace Arthur, "Intraspecific Variation in Developmental Characters: The Origin of Evolutionary Novelties," *American Zoologist 40* (2000): 811–818.

47. Carroll, *Endless Forms Most Beautiful*, Chapter 11.

48. Ernst Mayr, "The Emergence of Evolutionary Novelties," in S. Tax, ed., *Evolution After Darwin* (Chicago: ChicagoUniveristy Press,1959), vol 1, 349-380. Available online: http://archive.org/stream/evolutionafterda01taxs/evolutionafterda01taxs_djvu.txt. Mayr defines novelties (p. 351) as:

هر موجودی که به‌تازگی به‌وجود بیاید (نوظهور یا نوپدید)، از نظر ساختاری و دیگر موارد با موجودی که از آن پدید آمده تفاوت‌هایی دارد. می‌توان موجودی را که پدید آمده «نوظهوری یا نوپدیدی تکاملی» نامید. می‌توان نوظهوری را به هر ساختار یا ویژگی تازه به‌دست‌آمده‌ای اطلاق کرد که عملکرد جدیدی را ایجاد می‌کند. او از exaptation (تغییر عملکرد) به‌عنوان مسیر اصلی برای تعریف نوظهوری‌ها حمایت کرد. یعنی ظهور ساختارهای جدید به‌طور عادی به دلیل دستیابی به عملکردهای

جدید توسط ساختاری است که از قبل وجود داشته است.

49. For examples, see: Matthew H. Nitecki, ed., *Evolutionary Innovations* (Chicago: University of Chicago Press,1990); Arthur, "Intraspecific Variation in Developmental Characters: The Origin of Evolutionary Novelties," 811–818; Günter P. Wagner, "What Is the Promise of Developmental Evolution? Part I: Why Is Developmental BiologyNecessary to Explain Evolutionary Innovations?" *Journal of Experimental Zoology* 288, no. 2 (August 15, 2000):95–98, doi:10.1002/1097-010X(20000815)288:2<95::AID-JEZ1>3.0.CO;2-5; Alan C. Love, "EvolutionaryMorphology, Innovation, and the Synthesis of Evolutionary and Developmental Biology," *Biology and Philosophy18*, no. 2 (2003): 309–345; Richard O. Prum, "Evolution of the Morphological Innovations of Feathers," *Journal ofExperimental Zoology* 304B, no. 6 (2005): 570–579; Gerd B. Müller and Stuart A. Newman, "The Innovation Triad:An EvoDevo Agenda," *Journal of Experimental Zoology* 304B, no. 6 (2005): 487–503; Massimo Pigliucci, "What,If Anything, Is an Evolutionary Novelty?" *Philosophy of Science* 75, no. 5 (December 2008): 887–898, doi:10.1086/594532. See also Günter P. Wagner and Vincent J. Lynch, "Evolutionary Novelties," *Current Biology* 20(2010): R48–52. Wagner and Lynch describe a novelty as: see Richard O. Prum and Alan H.. Brush, who write of "many novelties involved in feather evolution" intheir "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers," *The Quarterly Review of Biology* 77, no. 3(September 2002): 261–295; Gerd B. Müller and Günter P. Wagner "Novelty in Evolution: Restructuring theConcept," *Annual Review of Ecology and Systematics 22* (1991): 229–256; Mary Jane West-Eberhard, who in Developmental Plasticity and Evolution (Oxford University Press, 2003) defines a novel trait as "a novel trait [basedon] a qualitatively distinct developmental variant" (page 198); Andreas Wagner, *The Origins of Evolutionary Innovations: A Theory of Transformative Change in Living Systems* (New York: Oxford University Press, 2011). The recently published book by Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation* contains several

chapters (e.g.,Chapter 4) devoted to defining evolutionary novelties.

یک بخش جدید از بدن که نه با هیچ قسمتی از بدن در تبار اجدادی و نه با هیچ قسمتی از بدن از همان موجود زنده شباهت داشته باشد. به نظر می‌رسد تعریف نوظهوری با استفاده از مفهوم همانندی ساختاری (Homology) جایگزین کردن اصطلاحی که به‌خوبی تعریف‌نشده با اصطلاح دیگر است. در سال‌های اخیر، هومولوژی به‌عنوان یک اصل اساسی و سازمان‌دهنده در زیست‌شناسی تکاملی رشدی دوباره ظهور پیدا کرده است. اصطلاح هومولوژی برای ساختارهای ریخت‌شناسی، به بخش‌های شبه مستقل و مجزا و قابل تشخیصی که تاریخچهٔ تکاملی خود را دارند اطلاق می‌شود. یعنی از همان بخش از بدن در یک جد مشترک مشتق شده و با تغییر شکل و اصلاح توانسته تباری از فرزندگان (Descent) را شکل بدهد، مثلاً تاریخچهٔ تکاملی اندام‌های حرکتی چهار اندامان و یا چشم‌ها.

50. Pigliucci, "What, If Anything, Is an Evolutionary Novelty?" 888.

51. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*, Chapter 4, 126.

۵۲. سری مقالات اخیر در مجلهٔ جانورشناسی تجربی کاملاً به مسئلهٔ نوظهوری‌های تکاملی و چگونگی پیدایش آن‌ها اختصاص یافته.

See "Special Issue: Perspectives on Evolutionary Novelty and Evo-Devo,"-*Journal of Experimental Zoology* Part B: Molecular and Developmental Evolution 318, no. 6 (September 2012):417–517.

53. Günter P. Wagner, "What Is the Promise of Developmental Evolution? Part I: Why Is Developmental BiologyNecessary to Explain Evolutionary Innovations?" 95.

54. Wagner and Lynch, "Evolutionary Novelties," R48.-R49.

55. Vincent J. Lynch, Robert D. Leclerc, Gemma May, and Günter P. Wagner, "Transposon-Mediated Rewiring of GeneRegulatory Networks Contributed to the Evolution of Pregnancy in Mammals," *Nature Genetics* 43, no. 11(September 25, 2011): 1154–1159, 1154, doi:10.1038/ng.917.

56. Pigliucci, "What, If Anything, Is an Evolutionary Novelty?" 887, emphasis added.

57. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, 155.

58. Darwin, *Origin of Species* (1872), 264 (Chapter 10).

فصل چهارم

1. "Darwin's Statue on the move," Natural History Museum, May 23, 2008, September 27, 2014, *Internet Archive*, https://web.archive.org/web/20140927214551/http://www.nhm.ac.uk/about-us/news/2008/may/darwins-statue-onthe-move13846.html, accessed August 17, 2015.
2. Charles Darwin, *On the Origin of Species* (London: John Murray, 1872), 2 (Introduction).
3. For a definition of non-adaptive see beginning of Chapter 1.
4. Stephen Jay Gould, *The Structure of Evolutionary Theory* (Cambridge, MA: Belknap Press [Harvard], 2002), 252;henceforth cited as Gould, SET.
5. The full text of On the Nature of Limbs is available at https://archive.org/details/Owen1849br46D.
6. Richard Owen, *On the Nature of Limbs* (London: John Van Voorst, 1849), 1.
7. David M. Williams, *Foundation of Systematics and Biogeography* (New York: Springer, 2008).

   گرت نلسون در پیشگفتار از نادیده گرفتن تفکر گوته و دیگر مورفولوژیست‌های پیش از هنیگی ابراز تأسف می‌کند.
8. Rupert Riedl, *Order in Living Organisms* (New York: John Wiley and Son's, 1978), xv.
9. Ron H. Brady, "Form and Cause in Goethe's morphology," in Francis J. Zucker, Harvey Wheeler, and FrederickAmrine eds., *Goethe and the Sciences: A Reappraisal*, Boston Studies in the Philosophy of Science vol. 97, editedby S. Cohen and Marx W. Wartofsky (Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1987), 257-300.
10. Owen, *On the Nature of Limbs*, 9. (London: Murray, 1916),248]:

    «نیروی تکوینی درونی [نیروی شکل‌دهنده]... اثر مکانیکی ساختار مادی کریستال یا جنین، و سازگاری، یا نیروی تکوینی بیرونی، [که او آن را به‌عنوان تغییرات ناشی از محیط می‌دید». دیدگاه گوته نیز مشابه بود. [Gould, SET, 289-290.] تطبیق‌پذیری محیطی را اچ. جی. بران نیز به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل تصادفی در شکل‌دهی فُرم ارگانیک معرفی می‌کند.

[Russell, Form and Function, 203.]

همان‌طور که در مقدمه ذکر شد، لازم است دوباره تأکید شود که علیرغم تمرکز آن‌ها بر الگوهای ظاهراً مجزا و مشابه که تیپ‌ها را تعریف می‌کنند، هیچ‌کدام آن‌ها نه اوون و نه هیچ‌یک از تیپ‌شناسان قبل از داروین سازگاری (سازش) یا اهمیت آن را انکار نمی‌کردند ولی آن‌ها سازگاری را پدیده‌ای فرعی و پیرامونی می‌دانستند که حاصل محدودیت‌های درونی یا قوانین طبیعی نیست بلکه واکنش به شرایط محیطی است.

11. Ronald Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought: Roots of Evo-Devo* (Cambridge:Cambridge University Press, 2005), 93.

12. Ibid., 9–10.

13. Ibid., 10.

۱۴. اوون در کتاب On the Nature of Limbs قطعاً درست گفته است. طرفداری از سازگارگرایی قطعاً تا حدی ناشی از استدلال نادرست قیاس ماشینی است که در آن ماشین‌هایی مثل ساعت مثال زده می‌شوند و از آن‌ها به‌عنوان مجموعه‌ای از سازگاری‌ها نام برده می‌شود که در آن‌ها همه قطعات برای ارائه عملکردهایی مرتب شده‌اند. اگر چنین قیاسی برقرار باشد در آن‌صورت سازگارگرایی نیز برقرار خواهد بود و موجودات زنده را باید به‌عنوان بسته‌های گردآوری‌شده‌ای از سازگاری‌ها در نظر گرفت. اما دیدگاه اوون که به‌طور مشخصی براساس الهیات طبیعی هدف‌گذاری شده بود و البته همواره بر تشبیه ماشین/ موجود زنده تأکید کرده است، ممکن است همسو با داروینیسم هم دیده شود چون داروینیسم نیز موجودات زنده را به‌عنوان ماشین‌هایی می‌داند، یعنی مجموعه‌های شانسی که نه توسط ساعت‌ساز الهی بلکه توسط یک ساعت‌ساز نابینا، ذره ذره و از طریق انتخاب انباشتی برای رسیدن به اهداف سازشی ساخته شده است. البته چون هیچ زمینهٔ عینی برای اثبات این فرض که موجودات زنده، ماشین هستند وجود ندارد. اگر موجودات زنده همان‌طور که اوون معتقد بود حداقل تا حدودی شکل‌های طبیعی باشند، در این‌صورت اصول سازگارگرایی کاملاً منتفی خواهد بود. و البته همان‌طور که اوون در استنادات فوق ادعا می‌کند، هیچ سازگاری یا ماشین ساخته‌شده توسط بشر وجود ندارد که محدودیت‌هایی شبیه به محدودیت‌های طرح بدن‌هایی داشته باشد که زمینه‌ساز تنوع سازگارانهٔ حیات هستند.

15. Owen, *On the Nature of Limbs*, 40.

16. Darwin, *Origin of Species* (1972), 382.

17. Ibid., 382–383

18. Ibid., 383.

19. Ibid., 384.

20. Owen, *On the Nature of Limbs*, 40.

21. Amundson, *The Changing Role of the Embryo*, 97.

22. Dov Ospovat, *The Development of Darwin's Theory, Natural History, Natural Theology and Natural Selection*,1838-1859 (Cambridge: Cambridge University Press, 1995), 10.

23. Owen, *On the Nature of Limbs*, 86.

24. Ibid., 85–86.

این مشاهدهٔ جذابی است که دست انسان تقریباً نزدیک به طرح بدن اندام‌های حرکتی هر تتراپود دیگری است.

25. *Owen, On the Anatomy of Vertebrates*, Preface, v–vi.

26. Nicolaas Rupke, Richard Owen: *Biology Without Darwin*, revised edition (Chicago: University of Chicago Press,2009), 141.

27. Ibid., Chapter 4; see section titled "Not a Platonic Idea," starting on page 125.

28. Frietson Galis, Tom J. M. Van Dooren, Johan D. Feuth, Johan A. J. Metz, Andrea Witkam, Sebastiaan Ruinard, Marc J. Steigenga, and Liliane C. D. Wijnaendts, "Extreme Selection in Humans against Homeotic Transformations of Cervical Vertebrae," *Evolution: International Journal of Organic Evolution 60*, no. 12(December 2006): 2643–2654.

این واقعیت که خروج از عدد متعارف هفت باعث سرطان یا نقایص دیگری در پستانداران فعلی می‌شود، همان‌طور که مطالعات فریتسون گالیس نشان داده، بیانگر این است که انتخاب عدد هفت نتیجهٔ محدودیت‌های داخلی مختص پستانداران است.

29. See William Bateson, *Materials for the Study of Variation, Treated with Especial Regard to Discontinuity in theOrigin of Species* (London: MacMillan and Co., 1894), 410. The full text is available athttps://archive.org/details/

materialsforstud00bate; cited in Gould, SET, 401–402.

30. Enrico Coen, *The Art of Genes* (New York: Oxford University Press, 1999), 39–43.
31. Charles T. Bingham, *The Fauna of British India, Including Ceylon and Burma: Butterflies*, Volume 1 (London:Taylor and Francis, 1905), 22; Volume II available online here athttps://archive.org/details/faunaofbritishin025219mbp.
32. Robert R. Schrock and William Henry Twenhofel, *Principles of Invertebrate Paleontology* (New York: McGraw-Hill, 1953).
33. Ibid., Chapter 13.
34. Michael J. Denton, "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Pan-Selectionism," *BIO Complexity 2013*, no. 3 (2013): 1–18, doi:10.5048/BIO-C.2013.3.
35. Schrock and Twenhofel, *Principles of Invertebrate Paleontology*, 485.
36. Ibid., Chapter 14.
37. Ibid., 485.
38. Ibid., 116.
39. Ibid., 125.
40. Ibid., 130.
41. Bateson, *Materials for the Study of Variation*, 410.
42. Ibid., 64–65.
43. Amundson, *The Changing Role of the Embryo*, 8.
44. Thomas Nagel, *Mind and Cosmos: Why the Materialist Neo-Darwinian Conception of Nature Is Almost Certainly False* (New York: Oxford, 2012), Chapter 6, 126.

۴۵. با این حال توجه داشته باشید که داروین آگاه بود برخی از موارد نظم غیرسازشی ممکن است سازگاری‌های کهن نباشند اما ممکن است همان چیزی باشند که جی. گولد از آن به‌عنوان «اسپندلر» نام می‌برد. به گفتهٔ داروین در کتاب خاستگاه گونه‌ها، اگر انسان هر نوع ویژگی را انتخاب و تقویت کند، تقریباً به دلیل قوانین مرموز همبستگی، به‌طور ناخواسته سایر قسمت‌های ساختار نیز اصلاح خواهد شد.

46. Darwin, *Origin of Species* (1872), 160.

47. Ibid., 383, emphasis added.

۴۸. داروین در مورد ماهیت غیرانطباقی هومولوگ‌ها با اوون موافق بود. نک:
Amundson, The *Changing Role of the Embryo*, 100–101.

۴۹. در ضمن هیچ‌کس تا به حال اثبات نکرده که طراحی یکسان سه بخشی در اندام‌های حشرات یا دو جفت بال که به قسمت‌های دوم و سوم قفسهٔ سینه متصل شده باشد یا این محدودیت که قطعات شکم بیش از یازده قسمت نباشد یا هر هومولوگ معرف دیگری از حشرات در حشرهٔ اجدادی اولیه، یک تغییر سازشی بوده است. (توجه: بعضی از حشرات یک جفت بال دارند. سوسک‌ها با یک جفت بال پرواز می‌کنند و زنبورها بال‌ها را به‌هم قلاب می‌کند تا به یک شکل ایرودینامیکی تبدیل شود.)

50. Amundson, *The Changing Role of the Embryo*, 97.

51. Denton, "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Functionalism." The D'Arcy Thompson quote is from *On Growth and Form*, (Cambridge: Macmillan, 1945), 873.

52. Jill Britton, "Fibonacci in Nature," Jill Britton, June 20, 2011 http://britton.disted.camosun.bc.ca/fibslide/jbfibslide.htm; Note it is often the mean number which corresponds to theFibonacci number; Dr. Ron Knott, "Petals on flowers," *Fibonacci Numbers and Nature* website, University ofSurrey Department of Mathematics, October 30, 2010, http://www.maths.surrey.ac.uk/hostedsites/ R.Knott/Fibonacci/fibnat.html#petals; "Flower Patterns and Fibonacci Numbers," Mathematics and Knots,Centre for the Popularisation of Mathematics, University of Whales, Bangor, 1996-2002 http://www.popmath.org.uk/rpamaths/rpampages/sunflower.html.

53. Gould, SET, Chapter 11; see also Gould's *The Richness of Life: The Essential Stephen Jay Gould* (New York:Norton, 2007), 143–154, especially 147.

54. Stephen Jay Gould and Richard C. Lewontin, "The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: ACritique of the Adaptationist Programme," *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B 205, No. 1161(1979): 581–598.

55. Darwin, *Origin of Species* (1872), 9.

56. Gould, *The Richness of Life*, 464.

57. Gould, *SET*, 41–43.

58. Ibid., 41.

59. Ibid., 43.

فصل پنجم

1. Stephen Jay Gould, *The Structure of Evolutionary Theory* [hereafter SET] (Cambridge, MA: Belknap Press/Harvard,2002), Chapters Ten and Eleven; Sean B. *Carroll, Endless Forms Most Beautiful: The New Science of Evo Devo* (New York: W. W. Norton & Co., 2005); Eric H. Davidson and Douglas H. Erwin, "Gene Regulatory Networks andthe Evolution of Animal Body Plans," *Science 311*, no. 796 (February 10, 2006): 796–800, doi:10.1126/science.1113832.
2. Davidson and Erwin, "Gene Regulatory Networks and the Evolution of Animal Body Plans," 796–800.
3. Lewis I. Held, *How the Snake Lost Its Legs: Curious Tales from the Frontier of Evo-Devo* (New York: CambridgeUniversity Press, 2014), Chapter 1.
4. Carroll, *Endless Forms Most Beautiful*, Chapter 3, see fig. 3.7.
5. Gould, SET, 1123–1132.

۶. خطی بودن ژن‌های Hox با محور A–P و حفاظت تکاملی آن در تمام متون اصلی موجود در زیست‌شناسی تکوینی توضیح داده شده است.

7. Denis Duboule, "The Rise and Fall of Hox Gene Clusters," *Development* 134, no. 14 (June 6, 2007): 2549–2560,doi:10.1242/dev.001065; Ana S. Monteiro and David E. K. Ferrier, "Hox Genes Are Not Always Colinear,"*International Journal of Biological Sciences 2*, no. 3 (2006): 95–103.
8. Rudolf A. Raff, *The Shape of Life: Genes, Development, and the Evolution of Animal Form* (Chicago: University ofChicago Press, 1996), 307.
9. Neil Shubin, *Your Inner Fish: A Journey into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body* (New York: VintageBooks, 2009).
10. Ibid., 58–59.
11. Rushikesh Sheth, Luciano Marcon, M. Félix Bastida, Marisa Junco, Laura

Quintana, Randall Dahn, Marie Kmita,James Sharpe, and Maria A. Ros, "Hox Genes Regulate Digit Patterning by Controlling the Wavelength of a Turing-Type Mechanism," *Science* 338, no. 6113 (December 14, 2012): 1476–1480, 1480, doi:10.1126/science.1226804.

12. David Biello, "Mutant Chicken Grows Alligator like Teeth," *Scientific American*, February 22, 2006, http://www.scientificamerican.com/article/mutant-chicken-grows-alli/; Matthew P. Harris, Sean M. Hasso, Mark W.Ferguson, and John F. Fallon, "The Development of Archosaurian First-Generation Teeth in a Chicken Mutant,"*Current Biology: CB* 16, no. 4 (February 21, 2006): 371–377, doi:10.1016/j.cub.2005.12.047.
13. Bhart-Anian S. Bhullar, et al., "A Molecular Mechanism for the Origin of a Key Evolutionary Innovation, the BirdBeak and Palate, Revealed by an Integrative Approach to Major Transitions in Vertebrate History:DEVELOPMENTAL MECHANISM FOR ORIGIN OF BIRD BEAK," *Evolution: International Journal of Organic Evolution 69*, no. 7 (June 2015), doi:10.1111/evo.12684.
14. Alan Turing, "The Chemical Basis of Morphogenesis," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Series B, Biological Sciences 237, no. 641 (August 14, 1952): 37–72.
15. Cheng Chang, Ping Wu, Ruth E. Baker, Philip K. Maini, Lorenzo Alibardi, and Cheng-Ming Chuong, "Reptile ScaleParadigm: Evo-Devo, Pattern Formation and Regeneration," *The International Journal of Developmental Biology53*, no. 5–6 (2009): 813–826, 820, doi:10.1387/ijdb.072556cc.
16. Ernst Mayr, *Animal Species and Evolution* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1963), 609.
17. Carroll, *Endless Forms Most Beautiful*, Chapter 8; Held, *How the Snake Lost Its Legs*, Chapter 3.
18. Held, How *the Snake Lost its Legs*, Chapter 3.
19. Alfred Russel Wallace, "On the Law Which Has Regulated the Introduction of New Species," *Annals and Magazineof Natural History* 16, no. 2 (Septem-

ber 1855). Text available at http://www.nhm.ac.uk/nature-online/collections-atthe-museum/wallace-collection/item.jsp?itemID=138.

20. Neil *Shubin, Your Inner Fish: A Journey into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body*, see chapter 1;Jennifer A. Clack, *Gaining Ground: The Origin and Evolution of Tetra-pods* (Bloomington: Indiana UniversityPress, 2012), see chapter 4 section headed "Location of the Transition."
21. Held, *How the Snake Lost its Legs*.
22. Massimo Pigliucci, *Making Sense of Evolution: The Conceptual Foundations of Evolutionary Biology* (Chicago:University of Chicago Press, 2006), 270.
23. See my discussion of epigenetics in Chapter 13.
24. Held, *How the Snake Lost it Legs*, 20.
25. Andreas Wagner, *The Origins of Evolutionary Innovations: A Theory of Transformative Change in Living Systems* (New York: Oxford University Press, 2011), 14.
26. Rewatee H. Gokhale and Alexander W. Shingleton, "Size Control: The Developmental Physiology of Body andOrgan Size Regulation: The Developmental Physiology of Size Control," Wiley Interdisciplinary Reviews: *Developmental Biology 4*, no. 4 (July 2015): 335–356, doi:10.1002/wdev.181. Anahid E. Powell, and MichaelLenhard,"Control of Organ Size in Plants," C*urrent Biology* 22, no. 9 (May 2012): R360–R367, doi:10.1016/j.cub.2012.02.010; Arthur D. Lander, "Pattern, Growth, and Contro," *Cell* 144, no. 6 (March 2011): 955–969,doi:10.1016/j.cell.2011.03.009.
27. Gokhale and Shingleton, "Size Control: The Developmental Physiology of Body and Organ Size Regulation."
28. Lander, "Pattern, Growth, and Control," 960.
29. Held, *How the Snake Lost it Legs*, Chapter 1; for alternate scenarios, see "Inversion (evolutionary biology)," *Wikipedia*, accessed on August 19, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Inversion_%28evolutionary_biology%29.
30. Held, *How the Snake Lost its Legs*, Chapter 1.
31. Ibid., Chapter 2, fig. 2.4.

32. Ibid., *How the Snake Lost Its Legs*, Chapter 2.

33. Terri A. Williams, "Mechanisms of Limb Patterning in Crustaceans," *in The Natural History of the Crustacea*, Volume 1: Functional Morphology & Diversity, edited by Les Watling and Martin Thiel (New York: OxfordUniversity Press, 2013), Chapter 3, pages 74–102.

34. J. E. L. Jockusch, C. Nulsen, S. J. Newfeld, and L. M. Nagy, "Leg Development in Flies versus Grasshoppers:Differences in Dpp Expression Do Not Lead to Differences in the Expression of Downstream Components of the Leg-Patterning Pathway," *Development* (Cambridge, England) 127, no. 8 (April 2000): 1617–26.

همان‌طور که بیان‌شده، پاهای حشرات مقدمتاً از رشد مستقیم دیوارهٔ بدن ایجاد می‌شود. این وضعیتی است که در اکثر گونه‌های حشرات حفظ شده است. در بعضی از گروه‌ها از جمله نژادهایی از drosophila (مگس سرکه) پاها به‌طور غیر مستقیم از imaginal discs رشد می‌کنند. این نمونه‌ای از چیزی است که آن رانش سامانه‌های تکوینی نامیده می‌شود. موضوعی است که در فصل ۱۳ دوباره مورد بررسی قرار گرفته.

35. Held, *How the Snake Lost Its Legs*, Chapter 2.

36. Ibid.,

37. Ibid., 17.

38. Wim G. M. Damen,"Arthropod Segmentation: Why Centipedes Are Odd," *Current Biology* 14, no. 14 (July 2004):R557–R559, doi:10.1016/j.cub.2004.07.010.

39. Ariel D. Chipman, Wallace Arthur, and Michael Akam, "A Double Segment Periodicity Underlies Segment Generation in Centipede Development," *Current Biology* 14, no. 14 (July 2004): 1250–1255,doi:10.1016/j.cub.2004.07.026; Held, *How the Snake Lost it Legs*, Chapter 6; Carlo Brena, and Michael Akam,"TheEmbryonic Development of the Centipede Strigamia Maritima," *Developmental Biology* 363, no. 1 (March 2012):290–307, doi:10.1016/j.ydbio.2011.11.006.

40. W. G. Damen, M. Hausdorf, E. A. Seyfarth, and D. Tautz, "A Conserved

Mode of Head Segmentation in ArthropodsRevealed by the Expression Pattern of Hox Genes in a Spider," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 95*, no. 18 (September 1, 1998): 10665–70.

41. Stephen Jay Gould and Richard C. Lewontin, "The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: ACritique of the Adaptationist Programme," *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B 205, No. 1161(1979): 581–598; the quoted passage can be found on page 15 of the reformatted online version of the article at http://faculty.washington.edu/lynnhank/GouldLewontin.pdf.

42. Wallace Arthur, *Evolution: A Developmental Approach* (Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2011), ChapterTwenty, section 4.

در صفحه ۳۳۴ آرتور این‌طور اظهار کرده که بسیاری از دانشمندانی که بر روی تکاوین کار می‌کنند این سؤال را مطرح می‌کنند که آیا ریشهٔ نوظهوری‌ها و طرح بدن‌ها نیازمند توضیحی فراتر از تغییرات تکامل خرد انباشتی طی دوره‌های زمانی طولانی است؟

43. Hopi E. Hoekstra and Jerry A. Coyne, "The Locus of Evolution: Evo Devo and the Genetics of Adaptation,"*Evolution; International Journal of Organic Evolution* 61, no. 5 (May, 2007): 995–1016, doi:10.1111/j.1558-5646.2007.00105.x; see also Lindsay R. Craig, "Defending Evo-Devo: A Response to Hoekstra and Coyne,"*Philosophy of Science* 76, no. 3 (2009): 335–344.

44. Arthur, Evolution: *A Developmental Approach*; Jerry Fodor and Massimo Piattelli-Palmarini, *What Darwin GotWrong* (London: Profile, 2010), Chapters Two, Three, and Four; Günter P. Wagner, *Homology, Genes, andEvolutionary Innovation* (Princeton: Princeton University Press, 2014).

45. Ron Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought* (Cambridge: Cambridge UniversityPress, 2007), 8.

46. Gerd B. Müller and Massimo Pigliucci, "Extended Synthesis: Theory Expansion or Alternative?" *Biological Theory5*, no. 4 (2010): 275-276, 275.

47. Lindsay Craig, "The So-Called Extended Synthesis and Population Genetics," *Biological Theory 5*, no. 2 (2010):117–123.
48. Arthur, *Evolution: A Developmental Approach*, Chapter Twenty, 334, emphasis added.
49. Fodor and Piattelli-Palmarini, *What Darwin got Wrong*.
50. Gould, *SET*, Chapter 10.
51. Davidson and Erwin, "Gene Regulatory Networks and the Evolution of Animal Body Plans," 796–800.

فصل ششم

1. Denton, Evolution: *A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler Publishers, 1986), 154–155.
2. Ibid., 155.
3. Rupert Riedl, "A Systems-Analytical Approach to Macro- Evolutionary Phenomena," *Quarterly Review of Biology52*, no. 4 (1977): 351–370.
4. Jerry Coyne, "Bill Nye Won Last Night's Creationism Debate," *The New Republic* (online), February 6, 2014, http://www.newrepublic.com/article/116478/bill-nye-ken-ham-debate-creationism-and-evolution-science-wins.
5. Stephen Jay Gould, "Return of the Hopeful Monster," *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History* (New York: W. W. Norton, 1980), 189.
6. Ibid., 190.

در همین راستا، گولد دربارهٔ داستان معروف داروینی در مورد اینکه چگونه گردنِ زرافه‌ها دراز شده است، می‌نویسد: «این داستانِ رایج و مورد قبول، درواقع احمقانه و بدون پشتوانه است.»

Stephen J. Gould, "The Tallest Tale," *Natural History* May1996, 21, 56, 57.

7. Gould, "Evolution's Erratic Pace," *Natural History* 86, no. 5 (1977).
8. Jerry A. Coyne, *Why Evolution Is True* (Oxford; New York: Oxford University Press, 2009), 52, fig. 13.
9. "Evolution of the horse," *Wikipedia*, accessed on August 19, 2015, https://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_of_the_horse.

10. Alfred S. Romer, *Vertebrate Paleontology*, 2nd ed. (Chicago: Chicago University Press, 1966).

11. "Evolution of the horse," *Wikipedia*, accessed on August 19, 2015, https://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_of_the_horse.

۱۲. این موضوع در فصل دوازدهم بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

13. Masaki Takechi and Shigeru Kuratani, "History of Studies on Mammalian Middle Ear Evolution: A ComparativeMorphological and Developmental Biology Perspective," *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and-Developmental Evolution* 314B, no. 6 (April 7, 2010):417433,doi:10.1002/jez.b.21347;http://people.eku.edu/ritchisong/342notes4.htm.

14. Riedl, "A Systems-Analytical Approach to Macro- Evolutionary Phenomena" 354.

۱۵. همکاری مشترک این سه عنصر اسکلتی برای عملکردهای مختلف در طول تکامل مهره‌داران، از ماهی‌ها گرفته تا پستانداران، در تمام متون اصلی مربوط به دیرینه‌شناسی و تکامل مهره‌داران نشان داده شده است.

۱۶. عباراتی مثل «مدارک موجود زمینه‌های قانع‌کننده‌ای برای اعتقاد به اینکه پدیده حیات با یک الگوی تدریجی و پیوسته هماهنگ است فراهم نمی‌کند (صفحه ۱۹۴) و «اگر تکامل تدریجی درست باشد» (ص ۲۲۸) و «طبیعت در حد پیوستاری که مدل داروینی طلب می‌کند تنزل نیافته است» (ص ۳۵۷) برداشتی از انکار فرگشت و تبار مشترک را به ذهن متبادر می‌کند. قصد من این نبود ولی با وجود این با مدارکی که در اینجا ارائه می‌دهم، من نیز هر نوع تکامل ذره ذره را رد می‌کنم. من همچنین اصطلاح فرگشت (evolution) در معنای «تغییر سازشی تدریجی» را نیز رد می‌کنم. درخت زندگی با مسیرهای سازشی که از تنه به شاخه‌های جانبی منتهی می‌شود ساخته نشده است.

17. Jerry Coyne, "The Great Mutator," *The New Republic*, June 18, 2007, 38–44,http://pondside.uchicago.edu/ee/faculty/Coyne/pdf/Behe,%20New%20Republic.pdf.

18. Kitzmiller et. al. v. *Dover Area School Board*, No. 04cv2688, 2005 WL 345563 (M. D. Pa. Dec. 20, 2005). See thetrial transcript for the morning session, Day 1, pages 93–94: http://ncse.com/files/pub/legal/kitzmiller/trial_tran-

scripts/2005_0926_day1_am.pdf

19. Brooke A. Armfield, Zhengui Zheng, Sunil Bajpai, Christopher J. Vinyard, and J. G. M. Thewissen, "Developmentand Evolution of the Unique Cetacean Dentition," *PeerJ* 1 (February 19, 2013): e24. doi:10.7717/peerj.24.
20. Warren E. Johnson, "The Late Miocene Radiation of Modern Felidae: A Genetic Assessment," *Science* 311, no.5757 (January 6, 2006): 73–77, doi:10.1126/science.1122277;
21. "Feliformia," *Wikipedia*, accessed on August 19, 2015, https://en.wikipedia.org/wiki/Feliformia.
22. Anthony P. Russell, and Harold N. Bryant.,"Claw Retraction and Protraction in the Carnivora: The Cheetah(Acinonyx Jubatus) as an Atypical Felid." *Journal of Zoology* 254, no. 1 (May 2001): 67–76.doi:10.1017/S0952836901000565; http://www.arkive.org/cheetah/acinonyx-jubatus/image-G113736.html.
23. "Mexican tetra," *Wikipedia*, accessed August 19, 2015, https://en.wikipedia.org/wiki/Mexican_tetra
24. Lewis I. Held, *How the Snake Lost Its Legs: Curious Tales from the Frontier of Evo-Devo* (New York: CambridgeUniversity Press, 2014).
25. Peter Ungar, *Mammal Teeth: Origin, Evolution, and Diversity* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2010),chapter 7. Zhe-Xi Luo, "Transformation and Diversification in Early Mammal Evolution," *Nature* 450, no. 7172(December 13, 2007): 1011–1019. doi:10.1038/nature06277.
26. Ungar, *Mammal Teeth*, chapter 1; Re: Human teeth see Wilhemina Leeuw, Antoinette Metivier, and Kimberly Bland,"Dental Anatomy: A Review," *Continuing Dental Education*, http://www.dentalcare.com/en-S/dentaleducation/ continuing-education/ce421/ce421.aspx?ModuleName=coursecontent&PartID=2&SectionID=-1.
27. For discussion of Goethe's version of the Type see Russell, *Form and Function,* see chapter 4 on Goethe; Ernst-Michael Kranich, *Thinking beyond Darwin: The Idea of the Type as a Key to Vertebrate Evolution*, Renewal in-

Science (Hudson, NY: Lindisfarne Books, 1999); Ronald H. Brady, "Form and cause in Goethe's morphology," *inGoethe and the Sciences*, edited by Frederick Amrine, Francis J. Zucker and Harvey Wheeler, (Dordrecht: D. ReidelPublishing Company, 1987), 257–300.

فصل هفتم

1. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler Publishers, 1986), 213, 250, 271.
2. Günter P. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation* (Princeton: Princeton University Press, 2014),179–184.
3. Günter Wagner and Vincent J. Lynch, "Evolutionary Novelties," *Current Biology* 20, no. 2 (January 26, 2010): R48–52 R49.
4. Tatsuya Hirasawa and Shigeru Kuratani, "A New Scenario of the Evolutionary Derivation of the MammalianDiaphragm from Shoulder Muscles," *Journal of Anatomy* 222, no. 5 (May 2013): 504–517, doi:10.1111/joa.12037;Steven F. Perry, Thomas Similowski, Wilfried Klein, and Jonathan R. Codd, "The Evolutionary Origin of theMammalian Diaphragm," *Respiratory Physiology & Neurobiology* 171, no. 1 (April 15, 2010): 1–16,doi:10.1016/j.resp.2010.01.004.
5. Richard Goldschmidt, *The Material Basis of Evolution* (New Haven: Yale University Press, 1940), 6–7.
6. Denton, Evolution: *A Theory in Crisis*, 249–250.
7. Stephen C. Meyer, *Signature in the Cell: DNA and the Evidence for Intelligent Design*, 1st ed. (New York: HarperOne, 2009).
8. Gerald F. Joyce, "The Antiquity of RNA-Based Evolution," *Nature* 418 (2002): 214–221.
9. Steven A. Benner, "Origins of Life: Old Views of Ancient Events," *Science* 283 (1999): 2026.
10. Joyce, "Antiquity of RNA-Based Evolution," 215.
11. Charles Darwin, letter to J. D. Hooker, February 1, 1871, found at "Darwin's 'warm little pond,'" *Natural Selections:News and views from the Dar-*

win Correspondence Project editors, University of Cambridge, February 15, 2012,https://www.darwinproject.ac.uk/editors-blog/2012/02/15/darwins-warm-little-pond/.

12. Vera Vasas, Chrisantha Fernando, Mauro Santos, Stuart Kauffman, and Eörs Szathmáry, "Evolution before Genes,"*Biology Direct* 7, no. 1 (January 2012): 1, doi:10.1186/1745-6150-7-1.
13. Robert Shapiro, "A Simpler Origin for Life," *Scientific American* 296, no. 6 (June 2007): 46–53.
14. Stuart A. Kauffman, "Approaches to the Origin of Life on Earth," *Life* 1, no. 1 (November 18, 2011): 34–48,doi:10.3390/life1010034.
15. Vasas et al., "Evolution before Genes," 2.
16. Ibid., 1.
17. Michael P. Robertson and Gerald F. Joyce, "The Origins of the RNA World," *Cold Spring Harbor Perspectives inBiology* 4, no. 5 (May 1, 2012): a003608–a003608, doi:10.1101/ cshperspect.a003608.
18. Kauffman, "Approaches to the Origin of Life on Earth," abstract.
19. Ibid.
20. Ibid.
21. Shapiro, "A Simpler Origin for Life"; Vasas et al., "Evolution before Genes."
22. Leslie E. Orgel, "The Origin of Life–A Review of Facts and Speculations," *Trends in Biochemical Sciences* 23, no.12 (1998): 491–495; Leslie E. Orgel, "Self-Organizing Biochemical Cycles," *Proceedings of the National Academyof Sciences 97*, no. 23 (November 7, 2000): 12503–12507, doi:10.1073/pnas.220406697.
23. Vasas et al., "Evolution before Genes," 1.
24. Wentao Ma, Chunwu Yu, Wentao Zhang, and Jiming Hu, "A Simple Template-Dependent Ligase Ribozyme as theRNA Replicase Emerging First in the RNA World," *Astro-biology* 10, no. 4 (May 2010): 437–447,doi:10.1089/ast.2009.0385.
25. Robertson and Joyce, "The Origins of the RNA World," 1.

26. Eugene V. Koonin and Artem S. Novozhilov, "Origin and Evolution of the Genetic Code: The Universal Enigma,"*IUBMB Life* 61, no. 2 (February 2009): 108, doi:10.1002/ iub.146.

27. Ibid.

28. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, 266–267.

29. Koonin and Novozhilov, "Origin and Evolution of the Genetic Code: The Universal Enigma," 108.

30. Ibid.

31. Juli Peretó, Jeffrey L. Bada, and Antonio Lazcano, "Charles Darwin and the Origin of Life," *Origins of Life andEvolution of Biospheres* 39, no. 5 (October 2009): 395–406, 404, doi:10.1007/s11084-009-9172-7;

این عبارتی است که داروین در نامه‌ای به دی. مکینتاش، در ۲۸ فوریه ۱۸۸۲ به‌کار برد.

http://charles-darwin.classicliterature.co.uk/more-letters-of-charles-darwin-volume-ii/ebook-page-92.asp.

32. Joyce, "The Antiquity of RNA-Based Evolution," 215, emphasis added.

33. Itay Budin and Jack W. Szostak, "Expanding Roles for Diverse Physical Phenomena During the Origin of Life,"*Annual Review of Biophysics 39*, no. 1 (April 2010): 245–263, 245, doi:10.1146/annurev.biophys.050708.133753,emphasis added.

34. Kauffman, "Approaches to the Origin of Life on Earth," 34.

35. Stephen J. Freeland, R. D. Knight, L. F. Landweber, and L. D. Hurst, "Early Fixation of an Optimal Genetic Code," *Molecular Biology and Evolution* 17, no. 4 (April 2000): 511–518, 511.

36. Artem S. Novozhilov, Yuri I. Wolf, and Eugene V. Koonin, "Evolution of the Genetic Code: Partial Optimization of aRandom Code for Robustness to Translation Error in a Rugged Fitness Landscape," *Biology Direct* 2, no. 1 (2007): 24, doi:10.1186/1745-6150-2-24.

37. S. Itzkovitz, and U. Alon,"The Genetic Code Is Nearly Optimal for Allowing Additional Information within Protein-Coding Sequences., *Genome Re-*

search 17, no. 4 (March 9, 2007): 405–412, abstract, doi:10.1101/gr.5987307.

38. Tommaso Bellini, Marco Buscaglia, Andrea Soranno, and Giuliano Zanchetta, "Origin of Life Scenarios: BetweenFantastic Luck and Marvelous Fine-Tuning," *Euresis* 2 (2012): 113–139.
39. Michael J. Denton, "The Place of Life and Man in Nature: Defending the Anthropocentric Thesis," *BIO-Complexity2013*, no. 1 (2013).
40. Nicolaas Rupke, *Richard Owen: Biology without Darwin* (Chicago: University of Chicago Press, 2009), Chapter 5,in section headed "The Derivative Hypothesis of 1868," 173.
41. Juli Peretó et al., "Charles Darwin and the Origin of Life," 395–406, see page 399, doi:10.1007/s11084-009-9172-7.Also see Morse Peckham (editor), *The Origin of Species: A Variorum Text* (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1959).
42. Ibid., Chapter 5, in section headed "Clash with Darwin." see Neal C. Gillespie, *Charles Darwin and the Problem of Creation* (Chicago: University of Chicago Press, 1979), 93.
43. Rupke, *Richard Owen: Biology without Darwin*, Chapter 5, 173.
44. Stephen Meyer, Signature in the Cell; Koonin, Eugene V. "The Cosmological Model of Eternal Inflation and theTransition from Chance to Biological Evolution in the History of Life," *Biology Direct 2*, no. 1 (2007),doi:10.1186/1745-6150-2-15; Addy Pross and Robert Pascal, "The Origin of Life: What We Know, What We CanKnow and What We Will Never Know," *Open Biology 3*, no. 3 (March 2013): 120190, doi:10.1098/rsob.120190;Koonin and Novozhilov, "Origin and Evolution of the Genetic Code," 99–111.
45. See Figure 7-1.
46. Michael J. Denton, Neill Spencer, and Henry R. V. Arnstein, "Biochemical and Enzymic Changes during Red CellDifferentiation: The Significance of the Final Cell Division," *Biochemical Journal* 146 (1975): 205–211.
47. Narla Mohandas, "Exit Strategy: One That Works," *Blood* 119, no. 4 (Jan-

uary 26, 2012): 906–907,doi:10.1182/blood-2011-12-391276; Ganesan Keerthivasan, Amittha Wick-rema, and John D. Crispino,"Erythroblast Enucleation," *Stem Cells International* 2011 (2011): 1–9, doi:10.4061/2011/139851; Junxia Wang,Tzutzuy Ramirez, Peng Ji, Senthil Raja Jayapal, Harvey F. Lodish, and Maki Murata-Hori, "Mammalian ErythroblastEnucleation Requires PI3K-Dependent Cell Polarization," *Journal of Cell Science* 125, no. 2 (January 15, 2012):340–349, doi:10.1242/jcs.088286.

48. Mohandas et al., "Exit Strategy: One That Works."
49. Keerthivasan et al., "Erythroblast Enucleation."
50. Ibid., 4
51. Ibid., 5.
52. Wang et al., "Mammalian Erythroblast Enucleation Requires PI3K-Dependent Cell Polarization," 340.
53. Ibid., 347.
54. Ibid., 348
55. Ibid., 340.
56. Mohandas et al., "Exit Strategy: One That Works," 905.
57. Keerthivasan et al., "Erythroblast Enucleation," 1.
58. Narla Mohandas and Patrick G. Gallagher, "Red Cell Membrane: Past, Present, and Future," *Blood* 112, no. 10(November 15, 2008): 3939–3948, 3940, doi:10.1182/ blood-2008-07-161166.
59. "Bird red blood cells," *Ask a Biologist*, The Paleontological Association, The Physiological Society, AIMS, andAbove and Beyond Charities, 2012 http://www.askabiologist.org.uk/answers/viewtopic.php?id=9296.
60. Paul D. Kingsley, Jeffrey Malik, Katherine A. Fantauzzo, and James Palis, "Yolk Sac-Derived PrimitiveErythroblasts Enucleate during Mammalian Embryogenesis," *Blood* 104, no. 1 (July 1, 2004): 19–25.doi:10.1182/blood-2003-12-4162; James Palis, Jeffrey Malik, Kathleen E. McGrath, and Paul D. Kingsley,"Primitive Erythropoiesis in the Mammalian Embryo,"

The International Journal of Developmental Biology 54, no.6–7 (2010): 1011–1018, doi:10.1387/ijdb.093056jp.

61. Katsuhiro Fukuta, Hiroshi Kudo, and Syed Jalaludin, "Unique Pits on the Erythrocytes of the Lesser Mouse-Deer,Tragulus Javanicus," *Journal of Anatomy* 189, no. 1 (August, 1996): 211–213; Gregory K. Snyder and Wesley W.Weathers, "Hematology, Viscosity, and Respiratory Functions of Whole Blood of the Lesser Mouse Deer, TragulusJavanicus," *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology* 42, no. 5 (May, 1977): 673–678.

62. Charles Darwin, *Origin of Species*, 6th ed. (1872), 146 (Chapter 6).

63. Wagner and Lynch, "Evolutionary Novelties."

64. Vincent J. Lynch, Robert D. Leclerc, Gemma May, and Günter P. Wagner, "Transposon-Mediated Rewiring of GeneRegulatory Networks Contributed to the Evolution of Pregnancy in Mammals," *Nature Genetics* 43, no. 11(September 25, 2011): 1154–1159, doi:10.1038/ng.917; Carolyn L. Dunn, Rodney W. Kelly, and Hilary O. D.Critchley, "Decidualization of the Human Endometrial Stromal Cell: An Enigmatic Transformation," *ReproductiveBiomedicine Online* 7, no. 2 (September 2003): 151–161.

۶۵. فقط تعداد کمی از نخستی‌سانان، از جمله انسان‌ها و میمون‌های بزرگ، قاعدگی را تجربه می‌کنند.

F. Gary Cunningham, Kenneth J.Leveno, Steven L. Bloom, John C. Hauth, Larry C. Gilstrap III, Katharine D. Wenstrom, and J. Whitridge Williams, eds. "Implantation, Embryogenesis, and Placental Development," *Williams Obstetrics*, 22nd ed. (New York:McGraw-Hill Professional, 2005), 40.

66. Griselda Vallejo, Dario Maschi, Ana C. Mestre-Citrinovitz, Kazuhiro Aiba, Ricardo Maronna, Victor Yohai, MinoruS. H. Ko, Miguel Beato, and Patricia Saragüeta, "Changes in Global Gene Expression during In VitroDecidualization of Rat Endome-trial Stromal Cells," *Journal of Cellular Physiology* 222, no. 1 (January 2010): 127–137, doi:10.1002/jcp.21929.

67. Ibid.

68. Emin T. Korgun, Sevil Cayli, Mevlut Asar, and Ramazan Demir, "Distribution of Laminin, Vimentin and Desmin inthe Rat Uterus during Initial Stages of Implantation," *Journal of Molecular Histology* 38, no. 4 (August 2007): 253–260, doi:10.1007/s10735-007-9095-4; Rui Zhu, Song-Cun Wang, Chan Sun, Yu Tao, Hai-Lan Piao, Xiao-Qiu Wang,Mei-Rong Du, and Da-Jin Li, "Hyaluronan-CD44 Interaction Promotes Growth of Decidual Stromal Cells in HumanFirst-Trimester Pregnancy," *PLoS ONE* 8, no. 9 (September 19, 2013): e74812. doi:10.1371/journal.pone.0074812;Wei Lei, Heidi Nguyen, Naoko Brown, Hua Ni, Tina Kiffer-Moreira, Jeff Reese, Jose Luis Millan, and Bibhash C.Paria, "Alkaline Phosphatases Contribute to Uterine Receptivity, Implantation, Decidualization, and Defense againstBacterial Endotoxin in Hamsters," *Reproduction* 146, no. 5 (October 1, 2013): 419–432, doi:10.1530/REP-13-0153.
69. Vincent J. Lynch et al., "Transposon-Mediated Rewiring of Gene Regulatory Networks Contributed to the Evolutionof Pregnancy in Mammals," 1154–1159, doi:10.1038/ ng.917.
70. Ibid.,1154.
71. Transposons are a class of repeated DNA elements derived from retroviral insertions into the genome.
72. Vincent J. Lynch, Mauris C. Nnamani, Aurélie Kapusta, Kathryn Brayer, Silvia L. Plaza, Erik C. Mazur, DeenaEmera, et al., "Ancient Transposable Elements Transformed the Uterine Regulatory Landscape and Transcriptomeduring the Evolution of Mammalian Pregnancy," *Cell Reports* 10, no. 4 (February 2015): 551–561, see page 558,doi:10.1016/j. celrep.2014.12.052.
73. Ibid., 558–559.
74. Lynch, et al., "Transposon-Mediated Rewiring of Gene Regulatory Networks," 1158, emphasis added.
75. Daniele Guerzoni and Aoife McLysaght, "De Novo Origins of Human Genes," *PLoS Genetics* 7, no. 11 (November10, 2011): e1002381, 1, doi:10.1371/journal.pgen.1002381; see also Dong-Dong Wu, David M. Irwin, and

Ya-PingZhang, "De Novo Origin of Human Protein-Coding Genes," *PLoS Genetics* 7, no. 11 (November 10, 2011):e1002379, doi:10.1371/journal.pgen.1002379.

76. Jianzhi Zhang, "Evolution by Gene Duplication: An Update," *Trends in Ecology & Evolution* 18, no. 6 (June 2003):297, doi:10.1016/S0169-5347(03)00033-8, emphasis added.

77. Siepel, Adam, "Darwinian Alchemy: Human Genes from Noncoding DNA," *Genome Research* 19 (2009): 1694,doi: 10.1101/gr.098376.109.

78. Ibid., 1693.

79. Benjamin A. Wilson and Joanna Masel, "Putatively Noncoding Transcripts Show Extensive Association withRibosomes," *Genome Biology and Evolution* 3 (2011): 1245.

80. Jean Armengaud, Céline Bland, Joseph Christie-Oleza, and Guylaine Miotello, "Microbial Proteogenomics, GainingGround with the Avalanche of Genome Sequences," *Journal of Bacteriology Parasitology S3*—001 (2011).

81. Anthony D. Keefe, and Jack W. Szostak, "Functional Proteins from a Random-Sequence Library," *Nature* 410, no.6829 (April 5, 2001): 715–718. doi:10.1038/35070613; Sean V. Taylor, Kai U. Walter, Peter Kast, and DonaldHilvert, "Searching Sequence Space for Protein Catalysts," *Proceedings of the National Academy of Sciences 98*, no. 19 (September 2001): 10596–10601. doi:10.1073/pnas.191159298. Douglas D. Axe, "Extreme Functional Sensitivityto Conservative Amino Acid Changes on Enzyme Exteriors," *Journal of Molecular Biology* 301, no. 3 (August 18,2000): 585–595, doi:10.1006/jmbi.2000.3997; Douglas D. Axe, "Estimating the Prevalence of Protein SequencesAdopting Functional Enzyme Folds," *Journal of Molecular Biology* 341, no. 5 (August 27, 2004): 1295–1315,doi:10.1016/j.jmb.2004.06.058; Moisés Mallo and Claudio R. Alonso, "The Regulation of Hox Gene Expressionduring Animal Development," *Development* 140, no. 19 (October 2013): 3951–3963, doi:10.1242/dev.068346;Adam Siepel, "Darwinian Alchemy: Human Genes from Noncoding DNA," *Genome Re-*

search 19 (2009): 1693–95,doi: 10.1101/gr.098376.109; Nobuhiko Tokuriki, and Dan S. Tawfik,"Protein Dynamism and Evolvability," *Science324*, no. 5924 (April 10, 2009): 203–207, doi:10.1126/science.1169375.

82. Guerzoni and McLysaght, "De Novo Origins of Human Genes," 1.
83. Adam Siepel, "Darwinian Alchemy: Human Genes from Noncoding DNA."
84. Konstantine Khalturin, Georg Hemmrich, Sebastian Fraune, René Augustin, and Thomas Bosch, "More Than JustOrphans: Are Taxonomically-Restricted Genes Important in Evolution?" *Trends in Genetics* 25, no. 9 (2009): 404–413, see page 404, 10.1016/j.tig.2009.07.006; Nicola Palmieri, Carolin Kosiol, and Christian Schlötterer, "The LifeCycle of Drosophila Orphan Genes," *eLife* 3 (February 19, 2014): doi:10.7554/ eLife.01311.
85. Robert G. Beiko, "Telling the Whole Story in a 10,000-Genome World," *Biology Direct* 6, no. 34 (2011): 34,doi:10.1186/1745-6150-6-34.
86. Khalturin et al., "More Than Just Orphans: Are Taxonomically-Restricted Genes Important in Evolution?" 404; seealso Sebastian Fraune, René Augustin, Friederike Anton-Erxleben, Jörg Wittlieb, Christoph Gelhaus, Vladmir B.Klimovich, Marina P. Samoilovich, and Thomas C. G. Bosch, "In an Early Branching Metazoan, BacterialColonization of the Embryo Is Controlled by Maternal Antimicrobial Peptides," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107, no. 42 (October 19, 2010): 18067–18072, doi:10.1073/ pnas.1008573107.
87. Tomislav Domazet-Loso and Diethard Tautz, "An Evolutionary Analysis of Orphan Genes in Drosophila," *Genome Research 13*, no. 10 (October 2003): 2213–2219, see page 2213, doi:10.1101/gr.1311003.
88. Igor Merkeev, Pavel Novichkov, and Andrey Mironov, "PHOG: A Database of Supergenomes Built from ProteomeComplements," *BMC Evolutionary Biology 6*, no. 1 (2006): 52, see page 6.
89. Diethard Tautz and Tomislav Domazet-Lošo, "The Evolutionary Origin of Orphan Genes," *Nature Reviews Genetics12*, no. 10 (August 31, 2011): 692–702, see page 692, doi:10.1038/nrg3053.

فصل هشتم

1. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler Publishers, 1986), 163.
2. Peter K. Endress and James A. Doyle, "Reconstructing the Ancestral Angiosperm Flower and Its InitialSpecializations," *American Journal of Botany* 96, no. 1 (January 1, 2009): 22–66, doi:10.3732/ajb.0800047.
3. Ibid.
4. Ibid.; Richard M. Bateman, Jason Hilton, and Paula J. Rudall, "Morphological and Molecular Phylogenetic Contextof the Angiosperms: Contrasting the 'Top-down' and 'Bottom-up' Approaches Used to Infer the LikelyCharacteristics of the First Flowers," *Journal of Experimental Botany* 57, no. 13 (September 15, 2006): 3471–3503,doi:10.1093/ jxb/erl128.
5. William L. Crepet, "Progress in Understanding Angiosperm History, Success, and Relationships: Darwin'sAbominably 'Perplexing Phenomenon,'" *Proceedings of the National Academy of Sciences 97*, no. 24 (November21, 2000): 12939-12941,12941, doi:10.1073/ pnas.97.24.12939.
6. Endress and Doyle, "Reconstructing the Ancestral Angiosperm Flower and Its Initial Specializations," 22, emphasis added.
7. Wilson N. Stewart and Gar W. Rothwell, *Paleobotany and the Evolution of Plants*, 2nd ed. (New York: CambridgeUniversity Press, 1993).

وقتی یک فسیل‌شناس گیاهان در تلاش برای تعیین میزان رابطهٔ گیاهان در سطوح مختلف طبقه‌بندی به سوابق فسیلی نگاه می‌کند، در اکثر مواقع از کمبود شواهدی که مفهوم تکامل تدریجی را تأیید کند ناامید نمی‌شود. اما در داستان فیلوژنتیک (تکامل نژادی) شکاف‌های ناگهانی وجود دارد که غالباً با موجودات فرضی پر می‌شوند. البته امیدواریم این ناپیوستگی‌ها با اشکال واسطه‌ای که به‌مرور زمان و بعداً پیدا می‌شوند پر شود. اما آنچه پیش چشم ماست، الگویی از تکامل است که شکاف‌هایی در آن وجود دارد. شکاف‌هایی که با سوابق فسیلی ناقصی که در دست است بلکه با خود فرآیند تغییرات تکاملی قابل توضیح است. در این زمینه، آن دسته از فرآیندهایی قرار دارند که به‌عنوان جهش‌های کلان طبقه‌بندی می‌شوند. مثلاً، آن تغییراتی که می‌توانند تأثیر چشمگیری در تغییر رشد خصوصیات گیاه داشته باشند.

8. Enrico S. Coen and Elliot M. Meyerowitz, "The War of the Whorls: Genetic Interactions Controlling FlowerDevelopment," *Nature* 353, no. 6339 (September 5, 1991): 31–37, doi:10.1038/353031a0; Douglas E. Soltis, AndréS. Chanderbali, Sangtae Kim, Matyas Buzgo, and Pamela S. Soltis, "The ABC Model and Its Applicability to BasalAngiosperms," *Annals of Botany* 100, no. 2 (June 4, 2007): 155–163, doi:10.1093/aob/mcm117.
9. Günter Theißen and Annette Becker, "Gymnosperm Orthologues of Class B Floral Homeotic Genes and TheirImpact on Understanding Flower Origin," *Critical Reviews in Plant Sciences 23*, no. 2 (March 2004): 129–148,doi:10.1080/07352680490433240.
10. See discussion in Chapter 9.
11. Günter P. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation* (Princeton: Princeton University Press, 2014),135.
12. Louis P. Ronse De Craene, *Floral Diagrams: An Aid to Understanding Flower Morphology and Evolution* (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2010), Preface, viii.
13. Michael J. Sanderson, "Back to the past: a new take on the timing of flowering plant diversification," *New Phytologist 207*, no. 2 (2015): 257–259, see page 258.
14. Ronse De Craene, *Floral Diagrams*. A magnificent book which its author hopes "will be inspirational," 364.
15. Ibid., 30–31.

۱۶. توجه داشته باشید که عناصر دیگری از تنوع ریخت‌شناسی در نهاندانگان وجود دارد مانند تنوع خارق‌العادهٔ دانه‌های مختلف گرده که هرگز از نظر کارکردگرایی توضیحی برای آن‌ها وجود ندارد.

17. Stéphane Douady and Yves Couder, "Phyllotaxis as a Dynamical Self Organizing Process, Part 1: The Spiral ModesResulting from Time-Periodic Iteration," *J Theor Biol 178 (1996): 255–274; Henrik Jönsson, Marcus G. Heisler, Bruce E. Shapiro, Elliot M. Meyerowitz, and Eric Mjolsness, "An Auxin-Driven Polarized Transport Model forPhyllotaxis," Proceedings of the National*

Academy of Sciences 103, no. 5 (January 31, 2006): 1633–1638,doi:10.1073/pnas.0509839103.

18. Jönsson et al., "An Auxin-Driven Polarized Transport Model for Phyllotaxis,"1633.
19. Miho S. Kitazawa and Koichi Fujimoto, "Dynamical Phyllotaxis Model to Determine Floral Organ Number," *PLoSComputational Biology* 11, no. 5 (May 7, 2015): e1004145, quote from abstract and author summary, doi:10.1371/journal.pcbi.1004145.
20. See Dr. Larry Jensen's video, "Mitochondria," "Reproductive Cycle of Flower Plants/The Amazing Lives of Plants,"online video clip, YouTube, published by McGraw-Hill (2003), http://www.youtube.com/watch?v=0UEpq1W-9C_E.
21. Ramin Yadegari and Gary N. Drews, "Female Gametophyte Development," *The Plant Cell* 16, no. suppl 1 (June2004): S133–S141, doi:10.1105/tpc.018192.
22. Kathy J. Willis and Jennifer C. McElwain, *The Evolution of Plants*, 2nd ed. (New York: Oxford University Press,2014), section 4.4, pages 104–107

تکوین تکاملی هتروسپوری و مگاسپور ماده را شرح می‌دهد.

23. Eric N. Madrid and William E. Friedman, "The Developmental Basis of an Evolutionary Diversification of FemaleGametophyte Structure in Piper and Piperaceae," *Annals of Botany* 103, no. 6 (January 31, 2009): 869–884,doi:10.1093/aob/mcp011.
24. William E. Friedman, Eric N. Madrid, and Joseph H. Williams, "Origin of the Fittest and Survival of the Fittest:Relating Female Gametophyte Development to Endosperm Genetics," *International Journal of Plant Sciences* 169,no. 1 (January 2008): 79–92, doi:10.1086/523354.
25. Ibid.
26. From an article on a Radboud University Nijmegenweb site (September 10, 2013) authored by Jan Derksen, Kimberly Koens, Bart Schimmel, Maaike de Jong, andElisabeth Pierson, "Gametogenesis/fertilization," *Virtual Class-*

room Biology, http://www.vcbio.science.ru.nl/en/virtuallessons/cellcycle/postmeio/.

لولهٔ گَرده به کلاله نفوذ می‌کند. هر تخمک حاوی یک کیسه جنین (ES) است. درواقع یک گامتوفیت ماده کوچک، دارای یک سلول تخمک، یک سلول مرکزی، و در اکثر مواقع سلول‌های سینرژید و آنتی پودال. وقتی لولهٔ گرده به کیسهٔ جنین می‌رسد، باز می‌شود و در سلول اسپرم و سلول‌های جنسی واقعی آزاد می‌شوند. سپس لقاح مضاعف اتفاق می‌افتد. یک سلول اسپرم، سلول تخمک را بارور می‌کند به‌طوری که یک زیگوت دیپلوئید ایجاد می‌شود و از آن رویان رشد می‌کند. سلول اسپرم دیگر، سلول مرکزی بزرگ را در وسط کیسهٔ جنین بارور می‌کند و از طریق چند تقسیم به اندوسپرم افزایش می‌یابد که به‌عنوان یک ذخیره‌کنندهٔ مادهٔ مغذی برای دانه عمل می‌کند. (گاهی مواد غذایی ذخیره‌شده از آندوسپرم به دانه منتقل می‌شود) تخمک خشک و رسیده و جنین بالغ و آندوسپرم همان دانه است. میوه‌ها، تخمدان رسیده‌ای هستند که در داخل‌شان یک دانه (مثل گندم) یا چند دانه (مثل گوجه فرنگی) وجود دارد.

27. Valayamghat Raghavan, "Some Reflections on Double Fertilization, from Its Discovery to the Present: TansleyReview," *New Phytologist* 159, no. 3 (July 25, 2003): 565–583, doi:10.1046/j.1469-8137.2003.00846.x.

28. Ibid., 573.

فصل نهم

1. Richard Owen, *On the Nature of Limbs* (London: John Van Voorst, 1848). For a recent discussion of Owen's viewssee Richard Owen, *On the Nature of Limbs: A Discourse*, edited by Ron Amundson (Chicago: University of ChicagoPress, 2007).
2. Kathryn D. Kavanagh, Oren Shoval, Benjamin B. Winslow, Uri Alon, Brian P. Leary, Akinori Kan, and Clifford J.Tabin, "Developmental Bias in the Evolution of Phalanges," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110,no. 45 (November 5, 2013): 18190– 18195, doi:10.1073/pnas.1315213110.
3. Günter P. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation* (Princeton; Oxford: Princeton University Press,2014), 374.

4. Michael Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler Publishers, 1986), 166.

اگر بخواهیم کلمات را دقیق‌تر انتخاب کنیم، باید بگوییم اَشکال انتقالی میانه از باله به اندام‌های دست و پا وجود ندارد.

5. Jennifer A. Clack, *Gaining Ground: The Origin and Evolution of Tetrapods*, 2nd ed. (Bloomington, IN: IndianaUniversity Press, 2012). For earlier depictions of the transformation see Chapter 6 and see Erik Jarvik,"Specializations in Early Vertebrates," *Annales de la Société royale zoologique de Belgique* 94 (1964): 11–95.

6. Per Erik Ahlberg and Jennifer A. Clack, "Palaeontology: A Firm Step from Water to Land," *Nature* 440, no. 7085(April 6, 2006): 747–749, doi:10.1038/440747a.

7. Clack, *Gaining Ground*, Chapter 4; Niedźwiedzki Grzegorz, Piotr Szrek, Katarzyna Narkiewicz, Marek Narkiewicz,and Per E. Ahlberg, "Tetrapod Trackways from the Early Middle Devonian Period of Poland," *Nature* 463, no. 7277(January 7, 2010): 43–48, doi:10.1038/nature08623. See also "9. The first tetrapods," *Earth History: a newapproach*, March 7, 2012, http://www.earthhistory.org.uk/recolonisation/first-amphibians.

8. Günter Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*.

برای دفاع دقیق از این ادعا که اتوپاد چهارپایان یک نوظهوری واقعی است، صفحات ۵۸ تا ۶۲، و صفحات ۳۴۸ تا ۳۵۶ را مشاهده کنید، جایی که او نتیجه می‌گیرد که اتوپاد «نوظهوری یک نوع از انواع» است.

9. Joost M. Woltering, Daan Noordermeer, Marion Leleu, and Denis Duboule, "Conservation and Divergence ofRegulatory Strategies at Hox Loci and the Origin of Tetrapod Digits," *PLoS Biology* 12, no. 1 (January 21, 2014):e1001773, author summary, doi:10.1371/journal.pbio.1001773.

10. Kavanagh et al., "Developmental Bias in the Evolution of Phalanges."

11. Ibid., 18190.

12. Ibid., emphasis added.

13. Rushikesh Sheth, Luciano Marcon, M. Félix Bastida, Marisa Junco, Laura Quintana, Randall Dahn, Marie Kmita,James Sharpe, and Maria A. Ros,

"*Hox* Genes Regulate Digit Patterning by Controlling the Wavelength of a Turing-Type Mechanism," *Science* 338, no. 6113 (December 14, 2012): 1476–1480, doi:10.1126/science.1226804.

14. Ibid., 1480.
15. Jianfeng Zhu, Yong-Tao Zhang, Mark S. Alber, and Stuart A. Newman, "Bare Bones Pattern Formation: A CoreRegulatory Network in Varying Geometries Reproduces Major Features of Vertebrate Limb Development andEvolution," *PLoS ONE* 5, no. 5 (May 28, 2010): e10892, doi:10.1371/journal.pone.0010892.

۱۶. بسیاری از مولکول‌هایی که مستقیماً درگیرند هنوز شناسایی نشده‌اند.

17. Erik Jarvik "Specializations in Early Vertebrates A fig from Jarvik's paper is reproduced *in Foundations of Systematics and Biogeography*, edited by David M. Williams and Malte C. Ebach (New York: Springer, 2008). Seepage 92, fig 6.5.
18. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*, 330–331.
19. Kavanagh et al., "Developmental Bias in the Evolution of Phalanges."
20. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*, 382–384.
21. Takayuki Suzuki, "How Is Digit Identity Determined during Limb Development?" *Development, Growth &Differentiation* 55, no. 1 (January 2013): 130–138, doi:10.1111/ dgd.12022.
22. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*, Chapter 11.
23. Ibid., 366.
24. Clack, *Gaining Ground*, Chapter 6.
25. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*, Chapter 11; Trip Lamb and David A. Beamer, "Digits Lostor Gained? Evidence for Pedal Evolution in the Dwarf Salamander Complex (Eurycea, Plethodontidae)," *PLoS ONE7*, no. 5 (May 23, 2012): e37544. doi:10.1371/journal.pone.0037544.
26. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*, Chapter 11. @Cafeketab.official

27. Tohru Yano and Koji Tamura, "The Making of Differences between Fins and Limbs," *Journal of Anatomy* 222, no. 1(January 2013): 100–113, doi:10.1111/j.1469-7580.2012.01491.x.

28. Sean B. Carroll, *Endless Forms Most Beautiful: The New Science of Evo Devo* (New York: W. W. Norton & Co.,2005), 188.

29. Ibid.

30. Kavanagh et al., "Developmental Bias in the Evolution of Phalanges."

۳۱. همان‌طور که اوون در کتاب اندام‌های حرکتی به آن اشاره می‌کند، بیشترین شباهت در مجموعهٔ انگشتان را می‌توانیم در باله‌های جلویی و عقبی پلسیوساروس‌ها ببینیم. Adam Stuart Smith, "Anatomy," *The Plesiosaur Directory*, 2015, https://plesiosauria.com/anatomy.php#limb.

32. Suzuki, "How Is Digit Identity Determined during Limb Development?"

انسان در انگشت شست دست و پا دو فالانژ (بند انگشت) دارد که یک معیار مورفولوژیکی مشخص در انگشت شمارهٔ یک در تمام آب پرده‌داران (آمنیوت‌ها) است. چهار انگشت بعدی دارای سه فالانژ هستند. بنابراین برای تشخیص هر یک از آن‌ها معیارهای دیگری لازم است. در موش‌ها پنج انگشت شبیه به انگشت‌های انسان است و سه انگشت شماره ۲ و ۳ و ۴ آن‌ها ظاهراً شبیه به هم هستند. برای تشخیص انگشت‌های ۲ و ۳ و ۴ در ریخت‌شناسی اندام‌های حرکتی موش، باید حداقل بعد از مرحله رشد E ۱۶/۵ یعنی هنگامی که نوک استخوانی‌شدهٔ بند انگشت (فالانکس) قابل رؤیت شد، مفصل بندی کف دست و پا (metacarpal/ metatarsal) در قسمت مچ دست و پا (carpal/ tarsal) ارزیابی شود. در اندام‌های حرکتی جلویی، انگشت ۲ متاکارپ با استخوان‌های ذوزنقه‌ای و کارپال مرکزی مفصل می‌شود، به‌همین‌ترتیب انگشت ۳ با استخوان متاکارپ با استخوان کاپیتیت مفصل می‌شود و انگشت‌های ۴ و ۵ ، متاکارپال با استخوان قلابی (Hamate). انگشت ۱ متاکارپ با استخوان ذوزنقه‌ای مفصل می‌شود.

۳۳. باله‌های جلو و عقب نیز مثل انگشت‌ها که در شماره ۳۱ ذکر شد در برخی از گونه‌های پلسیوسوروس (plesiosaurus) بسیار شبیه به هم هستند. اما این شباهت به‌شدت در یک کلاد تتراپود آبزی دیده می‌شود و نشان می‌دهد منشأ پیدایش اندام حرکتی تتراپود طی تکامل اولین تتراپودهای ساکن خشکی رخ داده است.

34. Marcus C. Davis, Randall D. Dahn, and Neil H. Shubin, "An Autopedial-like

Pattern of Hox Expression in the Finsof a Basal Actinopterygian Fish," *Nature* 447 (2007): 473–476, 10.1038/nature05838.

35. Michael I. Coates and Martin J. Cohn, "Fins, Limbs, and Tails: Outgrowths and Axial Patterning in VertebrateEvolution," *BioEssays* 20 (1996): 371–381.
36. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation*, 61.
37. Wallace, *The World of Life: A Manifestation of Creative Power, Directive Mind and Ultimate Purpose*, Chapter 14,287–288; available at Internet Archive, https://archive.org/stream/worldoflifemanif00walliala#page/287/mode/2up.
38. Ibid.
39. Gerhard Heilmann, *The Origin of Birds* (London: Witherby, 1926), 200–201.
40. Ibid., 133.
41. Philip J. Regal, "The Evolutionary Origin of Feathers," *The Quarterly Review of Biology* 50, no. 1 (March 1975):35–66.
42. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, 209.
43. Richard O. Prum and Alan H. Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers," *The QuarterlyReview of Biology 77*, no. 3 (September 2002): 261–295.
44. Ibid.; Richard O. Prum, "Development and Evolutionary Origin of Feathers," *The Journal of Experimental Zoology285*, no. 4 (December 15, 1999): 291–306; Richard O. Prum, "Evolution of the Morphological Innovations ofFeathers," *Journal of Experimental Zoology Part* B: Molecular and Developmental Evolution 304B, no. 6(November 15, 2005): 570–579, doi:10.1002/jez.b.21073; Richard O. Prum and Alan H. Brush, "Which Came First,the Feather or the Bird?" *Scientific American* 288 no. 3 (March 2003): 84–93 [reprinted *in Evolution: A ScientificAmerican Reader* (Chicago: University of Chicago Press, 2006), 213–224].
45. Prum and Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers," 265. The internal reference is to WalterJ. Bock, "The Role of Adaptive Mechanisms in the Origin of Higher Levels of Organization," *Systematic Zoology*

14(1965): 272–287, emphasis added.

46. Prum and Brush, "Which Came First, the Feather or the Bird?" 86.

47. Matthew P. Harris, P. Scott Williamson, John F. Fallon, Hans Meinhardt, and Richard O. Prum, "Molecular Evidencefor an Activator-Inhibitor Mechanism in Development of Embryonic Feather Branching," *Proceedings of theNational Academy of Sciences* 102, no. 33 (August 16, 2005): 11734–11739, doi:10.1073/pnas.0500781102.

48. Prum and Brush, "Which Came First, the Feather or the Bird?" 90.

۴۹. Ibid., بیان shn و Bmp2 از پلاکد (placode) پر آغاز می‌شود، جایی که این جفت پروتئین به‌صورت الگوی خلفی قدامی قطبی تولید می‌شود. سپس shn و Bmp2 هر دو طی امتداد یافتن اولیهٔ آن در نوک جوانه پر لوله‌ای بیان می‌شوند و به دنبال آن، در epithelium (برون پوششی) که شیارهای در حال شکل‌گیری پوش‌پرها (barbs) را مجزا می‌کند، الگویی برای رشد شیارها ایجاد می‌کند. سپس، در پرهای پناسئوس، سیگنالینگ shn و Bmp2 الگویی را برای رشد مارپیچی شیارهای پوش‌پرها و شکل‌گیری راشیس (میله مرکزی) ایجاد می‌کند. درحالی‌که در پرهای پلاماسئوس، پیامرسانیshn و Bmp2 الگوی ساده‌تری از رشد پوش‌پرها را ایجاد می‌کند. هر مرحله از رشد یک پر الگوی مشخصی از پیامرسانی shn و Bmp2 دارد. این دو پروتئین بارها و بارها وظایفی حیاتی را انجام می‌دهند تا پرها به‌شکل نهایی‌شان درآیند.

50. Prum and Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers."

51. Ibid., 283.

52. Thor Hanson, *Feathers: The Evolution of a Natural Miracle* (New York: Basic Books, 2011), 56.

53. Ibid., 56.

54. For the frayed-scale theory, see Heilmann, *The Origin of Birds, and Regal*, "The Evolutionary Origin of Feathers," both cited above.

55. Hanson, *Feathers*, 37.

56. Ibid., 37.

57. Prum and Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers," 284.

58. Ibid., 270–275.

59. Gary Ritchisong, "BIO 554/754 Ornithology: Feather Evolution," Eastern

Kentucky University, http://people.eku.edu/ritchisong/feather_evolution.htm.

60. Prum and Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers," 270–275.

61. Ibid. Note: (Prum, "Development and Evolutionary Origin of Feathers," 293).

مرحله تکاملی واقعی که در آن ریشک‌ها ایجاد شده‌اند ممکن است قبل یا بعد از پیدایش پر دو شاخه‌ای باشد (تصویر ۲–۹). در پرهای امروزی، پوش‌پرهای پناسئوس و پرهای پلاماسئوس ریشک (barbules) دارند، آن دسته از پرهای بسته پناسئوس که کوتاه هستند و با قلاب‌ها و شیارهایی بر روی پوش‌پرپوش‌پرپوش‌پرهای دیستال و پروگزیمال به‌هم قلاب شده‌اند. آن دسته از پرهای پلاماسئوس که ریشک‌های کشیده و بلندی دارند و دارای شاخک‌های گره‌ای هستند که با پوش‌پرپوش‌پرها به هم پیچیدگی‌های نامنظمی ایجاد می‌کنند و حجم زیادی دارند. مثل یک گلوله کرک و از لحاظ عایق بودن بسیار عالی است.

62. Prum and Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers," 287–288, emphasis added and allinternal references removed.

63. Ibid. 288; (Figure 9-2, third image), see the web site http://people.eku.edu/ritchisong/feather_evolution.htm.

64. Matthew P. Harris, et al., "Molecular Evidence for an Activator-Inhibitor Mechanism in Development of EmbryonicFeather Branching." The authors comment (page 11738–11739):

ما در اینجا شواهدی از بنیان مولکولی مکانیسم فعال‌کننده‌ـ‌مهارکننده را که زیربنای شکل‌گیری ریخت‌شناسی‌های پیچیده طی رشد تکاملی مهره‌داران است ارائه می‌دهیم. مدل‌های فعال‌کننده‌ـ مهارکننده (activator– inhibitor) دو و سه جزئی می‌توانند توصیف واقع‌بینانه‌ای از فعل‌وانفعالات بین بیان shn و Bmp2 مورفوژنز barb و barb ridge را در اختیارمان بگذارد. داده‌های تجربی از عملکردهای فعال‌کننده و بازدارنده shn و Bmp2 فرض شده در مدل‌های دو مؤلفه‌ای (two–component models) پشتیبانی می‌کند. مدل‌های دو جزئی تجربی و پشتیبانی‌شده برای توصیف مورفوژنز پوش‌پرپوش‌پرها در کرک‌های plumulaceous natal chick که فاقد قطبش قوی D/V هستند و برای توصیف راشیس کافی است. مدل دو جزئی برای ایجاد الگوهای قطبی

پیچیده‌تر D/V در سیگنالینگ Bmp2 و shn که در طول مورفوژنز پوش‌پرپوش‌پرها در پرهای پناسئوس مشاهده می‌شوند کافی نیست... اما تجزیه‌وتحلیل‌های ریاضی بیشتر پیش‌بینی می‌کند که پیامرسانی shn و Bmp2 با شیب‌های سیگنالی مهارکننده D/V قطبی دیگری در جوانه پر در تعامل‌اند تا مورفولوژی پیچیده‌تری را که از تکامل مشتق‌شده در پرهای پناسئوس ایجاد کنند.

65. Mingke Yu, Ping Wu, Randall B. Widelitz, and Cheng-Ming Chuong, "The Morpho-genesis of Feathers," *Nature*420, no. 6913 (November 21, 2002): 308–312, doi:10.1038/ nature01196.

66. Ibid., abstract.

67. For a discussion of the evo-devo basis of feather individualization, see Wagner, *Homology, Genes, and EvolutionaryInnovation*, 323–326.

68. Prum and Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers," 289.

69. Hanson, *Feathers*, 38.

70. Prum and Brush, "The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers."

71. Harris et al,, "Molecular Evidence for an Activator-Inhibitor Mechanism in Development of Embryonic FeatherBranching," 11739, emphasis added.

72. Alfred R. Wallace, *The World of Life*, see Chapter 14 entitled, "Birds and Insects: As proof of an organizing and directive life principle," available at, "Chapter XIV," Internet Archive, https://archive.org/stream/worldoflife-manif00walliala#page/286/mode/2up.

73. Glenn Jepson, "Bat Origins and Evolution," *Biology of Bats*, edited by William A. Wimsatt, vol. 1 (New York: Academic Press, 1970), 1–64, see page 54; Denton, *Evolution: A Theory in Crisis*, 216.

74. Jepson, "Bat Origins and Evolution," 44.

75. Norberto P. Giannini, "Toward an Integrative Theory on the Origin of Bat Flight," in *Evolutionary History of Bats: Fossils, Molecules, and Morphology*, edited by Gregg F. Gun-nell and Nancy B. Simmons (New York: CambridgeUniversity Press, 2012), Chapter 10.

76. Karen E. Sears, Richard R. Behringer, John J. Rasweiler IV, and Lee A. Niswan-

der, "Development of Bat Flight: Morphologic and Molecular Evolution of Bat Wing Digits," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103,no. 17 (April 25, 2006): 6581–6586, 6581, doi:10.1073/pnas.0509716103.

77. Ibid.

78. Stephen M. Jackson and Richard W. Thorington, Jr., *Gliding Mammals: Taxonomy of Living and Extinct Species* (Washington, DC: Smithsonian Institution Scholarly Press, 2012), 3. PDF is available online athttps://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/18186/SCZ638_Jackson_FINAL_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

79. "Flying Squirrel," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Flying_squirrel.

80. "Anomalure," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Anomaluridae.

81. "Colugo," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Colugo.

82. "Volaticotherium," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Volaticotherium.

83. "Flying and gliding animals," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015,http://en.wikipedia.org/wiki/Flying_and_gliding_animals; "Common Gliding Lizard," *Wikipedia*, accessed onSeptember 9, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Common_Gliding_Lizard.

84. "Flying frog," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Flying_frog.

85. Giannini, "Toward an Integrative Theory on the Origin of Bat Flight."

86. Mark P. Witton, *Pterosaurs: Natural History, Evolution, Anatomy* (Princeton: Princeton University Press, 2013),Chapter 3, fig. 3.1.

87. Ibid., 13.

88. Giannini, "Toward an Integrative Theory on the Origin of Bat Flight," 353–354.

89. Ibid., emphasis added.

90. Zhe Wang, Dong Dong, Binghua Ru, Rebecca L. Young, Naijian Han, Ting-

ting Guo, and Shuyi Zhang, "DigitalGene Expression Tag Profiling of Bat Digits Provides Robust Candidates Contributing to Wing Formation," *BMCGenomics* 11 (2010): 619, doi:10.1186/1471-2164-11-619.

91. Ibid., 8, emphasis added.

92. Carroll, *Endless Forms Most Beautiful*, Chapter 8.

93. Zhe Wang, Mengyao Dai, Yao Wang, Kimberly L. Cooper, Tengteng Zhu, Dong Dong, Junpeng Zhang, and ShuyiZhang, "Unique Expression Patterns of Multiple Key Genes Associated with the Evolution of Mammalian Flight,"from the abstract, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281, no. 1783 (2014): 20133133, abstract,doi:10.1098/ rspb.2013.3133.

۹۴. این ایده که تکامل کلان نمی‌تواند صرفاً مدل گسترش‌یافته‌ای از تکامل خرد باشد، توسط ریچارد گلدشمیت به‌شکل جدی و آشکاری ترویج شد و اکنون توسط نویسندگان متأخر مورد دفاع قرار گرفته است. فصل اول را ببینید.

95. Kimberly L. Cooper and Clifford J. Tabin, "Understanding of Bat Wing Evolution Takes Flight," *Genes &Development* 22, no. 2 (January 15, 2008): 121–124, doi:10.1101/ gad.1639108.

96. Sears et al., "Development of Bat Flight: Morphologic and Molecular Evolution of Bat Wing Digits," 6585, emphasis added.

97. Ibid.

همین پروتئین باعث اندکی افزایش در طول انگشت در موش‌های خانگی و صحرایی می‌شود.

98. Scott D. Weatherbee, Richard R. Behringer, John J. Rasweiler, and Lee A. Niswander, "Interdigital WebbingRetention in Bat Wings Illustrates Genetic Changes Underlying Amniote Limb Diversification," *Proceedings of theNational Academy of Sciences* 103, no. 41 (October 10, 2006): 15103–15107, doi:10.1073/pnas.0604934103.

جالب است که حفظ الگوی شبکه‌بندی بین انگشتان در اندام‌های حرکتی جلویی خفاش با الگوی منحصربه‌فرد بیان ژن رمزگذار پروتئین Fgf8 علاوه بر مهارکننده BMP Germlin در ارتباط است. با استفاده از یک روش کارکردی، می‌توانیم نشان دهیم که حفظ بافت بین انگشتان در بال خفاش‌ها بستگی به اثرات ترکیبی سطوح

بالای پیامرسانیFgf و مهار پیامرسانی دارد. داده‌های ما همچنین نشان می‌دهد که اگرچه مکانیسم محافظت‌شده‌ای برای حفظ بافت بین انگشتان در آمنیوت‌ها وجود ندارد ولی بیان Fgf8 و Gremlin در بافت بین انگشتان اندام‌های حرکتی جلویی خفاش نشان می‌دهد که این تغییرات کلیدی مولکولی در تکامل بال خفاش همکاری داشته است.

99. Ibid.

100. Giannini, "Toward an Integrative Theory on the Origin of Bat Flight," 376–377, emphasis added.

101. Kristin L. Bishop, "The Evolution of Flight in Bats: Narrowing the Field of Plausible Hypotheses," *The QuarterlyReview of Biology* 83, no. 2 (June 2008): 153–169.@Cafeketab.official

102. Giannini, "Toward an Integrative Theory on the Origin of Bat Flight," 376–377.

103. C. J. Cretekos, Y. Wang, E. D. Green, NISC Comparative Sequencing Program, J. F. Martin, J. J. Rasweiler, and R.R. Behringer, "Regulatory Divergence Modifies Limb Length between Mammals," *Genes & Development* 22, no. 2(January 15, 2008): 141–51, 147, doi:10.1101/gad.1620408, emphasis added.

104. Freud's paper on eels, "Beobachtungen über Gestaltung und feineren Bau der als Hoden beschriebenenLappenorgane des Aals" ["Observations on the Configuration and Finer Structure of the Lobed Organs in EelsDescribed as Testes"] can be found in *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der WissenschaftenMathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, vol. 75 (1877), 419–431. Freud's study was in response to SzymonSyrski's book Ueber die Reproductions-Organe der Aale (1874).

105. James Prosek, *Eels: An Exploration, from New Zealand to the Sargasso, of the World's Most Amazing andMysterious Fish* (New York: Harper, 2011), Chapter 1.

106. Prosek, Eels, 5.

107. Karine Rousseau, Salima Aroua and Sylvie Dufour, "Eel Secondary Meta-

morphosis: Silvering," in KarineRousseau and Sylvie Dufour, "Introduction to Fish First and Secondary Metamorphoses," *in Metamorphosis in Fish*, edited by Sylvie Dufour, Karine Rousseau, and B. G. Kapoor, (Enfield, NH/ Boca Raton, FL: CRC Press, 2012), 216–250.

108. Prosek, Eels, 3.

109. Hirohiko Y. Kagawa, Yasuhiro Sakurai, Ryohta Horiuchi, Yukinori Kazeto, Koichiro Gen, Hitoshi Imaizumi, andYoshitsugu Masuda, "Mechanism of Oocyte Maturation and Ovulation and Its Application to Seed Production in theJapanese Eel," *Fish Physiology and Biochemistry* 39, no. 1 (February 2013): 13–17, doi:10.1007/s10695-012-9607-3.

110. Catherine Reef, *Sigmund Freud: Pioneer of the Mind* (New York: Clarion Books, 2001), 28; Prosek, Eels, 5.

111. "Anguillidae," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Anguillidae.

112. "Eel life history," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Eel_life_history#Past_studies_of_eels.

113. Andrew J. H. Davey and Donald J. Jellyman, "Sex Determination in Freshwater Eels and Management Options forthe Manipulation of Sex," *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15, no. 1 (February 2005): 37–52.

114. Friedrich-Wilhelm Tesch The Eel, edited by John E. Thorpe, 3rd ed. (Oxford: Blackwell Science, 2003).

یک مسئلهٔ مهم و بحث‌برانگیز، چه از نظر علمی و چه از نظر عملی، مسئلهٔ تعیین جنسیت است. از نتایج ذکر شده در بخش‌های قبلی، این موضوع بدیهی است که مراحل قابل تشخیص واسطه‌ای (بین جنسی) در مارماهی‌ها رخ می‌دهد. بنابراین بتداد (anlage) غدد جنسی از فازهای عبرو می‌کند که طی آن می‌توان انواع نر یا ماده را ایجاد کرد و جهت رشد ممکن است تحت‌تأثیر عوامل محیطی باشد.

115. Tesch and Thorpe, *The Eel*, 44.

116. "Fishes," *Encyclopedia Britannica*, fifteenth edition (2002), vol. 19, 225–227.

117. Prosek, *Eels*, 6; "Eel life history," http://en.wikipedia.org/wiki/Eel_life_history.

118. Prosek, *Eels*, Chapter 1; Tesch, The Eel, Chapter 2.

119. Prosek, *Eels*, 3.

120. David Righton and Mandy Roberts, "Eels and People in the United Kingdom," in *Eels and Humans*, edited by Katsumi Tsukamoto, and Mari Kuroki (Tokyo; New York: Springer, 2014), 1–12, 1.

121. Ibid., "Fishes," *Encyclopedia Britannica*, fifteenth edition (2002), vol. 19, 225–227.

122. Righton and Roberts, "Eels and People in the United Kingdom, 1.

123. Ibid.

124. "Eel life history," http://en.wikipedia.org/wiki/Eel_life_history.

125. Karine Rousseau and Sylvie Dufour, "Introduction to Fish First and Secondary Meta-morphoses," in *Metamorphosis in Fish*, edited by Sylvie Dufour, Karine Rousseau, and B. G. Kapoor, 1–11,

صفحه ۹ را برای بلوغ پیش‌رس ببینید. نویسندگان از اصطلاح «پیش‌رس» برای توصیف این مرحله از ماراهی نقره‌ای استفاده می‌کنند که درست قبل از شروع مهاجرت آن‌ها به سارگاسو به‌وقوع می‌پیوندد.

126. Tesch, *The Eel*, 169.

127. Ibid., 165–166.

128. Prosek, *Eels*, 3.

همان‌طور که پروسک در صفحهٔ سوم می‌گوید: «مارماهی‌ها هر کجا که متولد شوند، برای بازگشت به زادگاه‌های اقیانوسی خود بی‌وقفه در تلاش‌اند.» اشاره به غلبه بر دیوارهای ساحلی در:

Tesch, *The Eel*, 184.

129. Tesch, *The Eel*, 169.

130. Ibid., 24–27; Rousseau, Aroua and Dufour, "Eel Secondary Metamorphosis: Silvering,"

131. Ibid.; "Eel life history," http://en.wikipedia.org/wiki/Eel_life_history.

132. Rousseau Aroua and Dufour,"Eel Secondary Metamorphosis: Silvering."

133. Ibid.

134. Charles Darwin, *On the Origin of Species*, sixth edition (London, John Mur-

ray, 1869), 251.

135. Prosek, *Eels*, 9.

136. *Encyclopedia Britannica*, fifteenth edition (2002), vol. 19, 225, Figure 17.

137. Tim F. Flannery and Peter Schouten, *Astonishing Animals: Extraordinary Creatures and the Fantastic Worlds They Inhabit,* first American ed. (New York: Atlantic Monthly Press, 2004), 181.

138. Ibid., 161.

139. Ibid., 191.

140. Letter of Darwin to Alfred Russell Wallace, June 15, 1864. Text available at Darwin Correspondence Project,http://www.darwinproject.ac.uk/entry-4535.

141. Karl Ludwig von Bertalanffy, "Chance or Law," in *Beyond Reductionism: New Perspectives in the Life Sciences*,edited by Arthur Koestler (London: Hutchinson, 1969), 65.

فصل دهم

1. Ian Tattersall, *Becoming Human: Evolution and Human Uniqueness* (Orlando: Houghton Mifflin Harcourt, 1999),Chapter 1.

2. Ibid., Chapter 1.

۳. پانصدهزار سال پیش، اگر نئاندرتال‌ها و دیگر انسان‌های باستانی از اعضای گونهٔ ما باشند. به بحث مربوط به نئاندرتال‌ها و دنیسوان‌ها مراجعه کنید.

4. Alfred Russel Wallace, "The Limits of Nature Selection as Applied to Man," in *Contributions to the Theory of Natural Selection*, second edition (New York: MacMillan, 1871), Chapter 10. This work is available online athttps://archive.org/details/contributionsto01wallgoog.

5. Ibid., 336.

6. Ibid., 343.

7. Noam Chomsky, *The Science of Language: Interviews with James McGilvray* (New York: Cambridge UniversityPress, 2012), 15.

8. "Neanderthal," *Wikipedia*, accessed on September 9, 2015, http://en.wikipedia.

org/wiki/Neanderthal; Paola Villa andWil Roebroeks, "Neandertal Demise: An Archaeological Analysis of the Modern Human Superiority Complex,"*PLoS ONE* 9, no. 4 (April 30, 2014): e96424, doi:10.1371/journal.pone.0096424; Ruggero D'Anastasio, StephenWroe, Claudio Tuniz, Lucia Mancini, Deneb T. Cesana, Diego Dreossi, Mayoorendra Ravichandiran, Marie Attard,William C. H. Parr, Anne Agur, and Luigi Capasso, "Micro-Biomechanics of the Kebara 2 Hyoid and ItsImplications for Speech in Neanderthals," *PloS One* 8, no. 12 (2013): e82261, doi:10.1371/journal.pone.0082261.

9. Richard E. Green, Johannes Krause, Susan E. Ptak, Adrian W. Briggs, Michael T. Ronan, Jan F. Simons, Lei Du,Michael Egholm, Jonathan M. Rothberg, Maja Paunovic, and Svante Pääbo, "Analysis of One Million Base Pairs ofNeanderthal DNA," *Nature* 444, no. 7117 (November 16, 2006): 330–336, doi:10.1038/nature05336.
10. Svante Pääbo, *Neanderthal Man: In Search of Lost Genomes* (New York: Basic Books, 2014), 252–253.
11. "Neanderthal," http://en.wikipedia.org/wiki/Neanderthal.
12. As Jared Diamond points out in Guns, *Germs, and Steel: The Fates of Human Societies* (New York: W. W. Norton,1997), "

تاسمانی‌ها یکی از ساده‌ترین فرهنگ‌های مرتبط با اشیاء و لوازم موردنیاز برای زندگی را داشته‌اند. آن‌ها فاقد نیزه‌های خاردار، ابزارهای استخوانی از هر نوع، بومرنگ ابزار سنگی طبیعی یا صیقل داده شده، ابزار سنگی که در آن استخوان، سنگ یا فلز به دسته چوبی متصل شده باشد، قلاب، تور، نیزه‌های پره‌دار، تله یا شیوه‌هایی برای صید و خوردن ماهی، دوخت‌ودوز یا آتش روشن کردن بودند.

13. Carl Safina, *Beyond Words: What Animals Think and Feel* (New York: Henry Holt and Company, 2015)
14. Chomsky, *The Science of Language*, 47; Marc D. Hauser, Charles Yang, Robert C. Berwick, Ian Tattersall, MichaelJ. Ryan, Jeffrey Watumull, Noam Chomsky, and Richard C. Lewontin, "The Mystery of Language Evolution,"*Frontiers in Psychology* 5, no. 401 (May 7, 2014): doi:10.3389/fpsyg.2014.00401.
15. Hauser et al., "The Mystery of Language Evolution."

16. Ibid., abstract.

17. "[Chomsky's] Bruno Dubuc,"Tool Module: Chomsky's Universal Grammar," *The Brain from Top to Bottom*, translated by Al Daigen,http://thebrain.mcgill.ca/flash/capsules/outil_rouge06.html.

بنابراین رویکرد چامسکی کاملاً مخالف رویکرد اسکینر یا پیاژه است که پیدایش زبان را حاصل تعامل ساده با محیط می‌دانستند. به نظر می‌رسد مدل رفتارگرایی (behaviourist) که در آن دستیابی به عنصر زبان و تکلم چیزی غیر از محصول جانبی رشد شناختی و عمومی مبتنی بر تعامل حسی-حرکتی با جهان پیرامون نیست، کنار گذاشته شود و ظاهراً این امر در نتیجهٔ نظریه‌های چامسکی خواهد بود.

18. Chomsky, *The Science of Language*, 5.

19. Ibid., part 1.

20. Morten H. Christiansen and Nick Chater,"Language as Shaped by the Brain," *Behavioral and Brain Sciences* 31, no.05 (October 2008), doi:10.1017/S0140525X08004998.Bruno Dubuc, "Tool Module: Chomsky's Universal Grammar," http://thebrain.mcgill.ca/flash/capsules/outil_rouge06.html; Daniel L. Everett, *Language: The Cultural Tool* (New York: Vintage Books, 2012); Robert McCrum, "Daniel Everett: 'There is no such thing as universalgrammar,'" *The Guardian*, online, March 24, 2012, http://www.theguardian.com/technology/2012/mar/25/danieleverett-human-language-piraha; Joshua K. Hartshorne, "How to Understand the Deep Structures of Language,"*Scientific American*, September 17, 2013, http://www.scientificamerican.com/article/how-to-understand-the-deepstructures-of-language.

21. Chomsky, *The Science of Language*, part 1.

22. Chomsky, *The Science of Language*, 13.

23. Steven Pinker, *The Language Instinct*, 1st ed. (New York: W. Morrow and Co., 1994), 373.

24. Ibid., 319.

اکثر کارورزان پزشکی شاهد ویژگی شگفت‌انگیز از دست‌دادن عملکرد در بیماران مبتلا به آسیب دستگاه عصبی مرکزی (ضایعات CNS) بوده‌اند.

25. Ibid., 320–321.

26. Ibid., 322.

27. Dario Borghino, "Research at Stanford may lead to computers that understand humans," gizmag, June 6, 2012, http://www.gizmag.com/natural-language-processing/22811/; "Home Page of the Loebner Prize in ArtificialIntelligence: The First Turing Test," April 27, 2015, http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html.

28. Ilias Papathanasiou, Patrick Coppens, and Constantin Potagas, *Aphasia and Related Neurogenic Communication Disorders* (Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning, 2013).

29. Peter F. MacNeilage, *The Origin of Speech, Studies in the Evolution of Language,* vol. 10 (Oxford; New York:Oxford University Press, 2008), 3:
تی.اچ. هاکسلی در جایی اظهار داشته است: «برخورداری از قدرت تکلم از برجسته‌ترین مشخصه‌های بشر است» (۱۸۷۱). و در واقع سایر دستاوردهای تکاملی را تحت الشعاع قرار داده است.

30. Chomsky, *The Science of Language*, 13.

31. Noam Chomsky, "Discussion of Putnam's comments," in *Language and Learning: The Debate between Jean Piagetand Noam Chomsky*, edited by M. Piattelli-Palmarini, 1st ed. (Cambridge MA: Harvard University Press, 1980),310–324, see page 321.

32. Noam Chomsky, *Language and Mind*, 3rd ed. (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2006), 85–86.

33. Tattersall, *Becoming Human*, 189.

34. Ibid., 230, emphasis added.

35. Ibid.

36. Stephen J. Gould, Paul McGarr, and Steven P. R. Rose, *The Richness of Life: The Essential Stephen Jay Gould* (NewYork: W. W. Norton, 2007), 153–154.
مدل پیدایشی غیرداروینی و مبتنی بر جهش (چامسکی، تاترسال، گولد) که من در اینجا و در این کتاب از آن دفاع می‌کنم، بیانگر این است که گذارها در درون طبیعت برنامه‌ریزی شده‌اند و به‌ویژه در موجوداتی ایجاد می‌شوند که در زمان‌های خاصی از تاریخ تکامل از قبل برای دریافت این تغییرات آماده و مناسب شده‌اند. اما صرفاً

به این دلیل که طبیعت برای این پرش‌ها از قبل آماده شده به این معنا نیست که پرش‌های پدیدارشده ناپیوستگی‌های عمده‌ای را در نظم اشیاء نشان نمی‌دهند، مثلاً ناپیوستگی‌های موجود بین مغز نخستی‌سانان subhuman و مغز انسان یا بین یک میمون گنگ (لال) و یک انسان وراج.

از پیش مناسب شدن مغز نخستی‌سانان برای این پرش نوظهور (بنابر تصور من) لزوماً به معنای وجود هر نوع پیوستگی در قابلیت و استعداد زبانی بین میمون و انسان نیست. مثلاً آب مایع و یخ را در نظر بگیرید. یخ فقط می‌تواند از آب (H2O) تشکیل شود و از این نظر ممکن است آب را برای شکل‌گیری یخ به‌عنوان یک پیش‌فرض در نظر بگیریم. اما در فاصلهٔ بین شکل‌های آب و یخ، پیوستگی وجود ندارد. اکسیژن (O2) و هیدروژن (H) و آب (H2O) را در نظر بگیرید. آب فقط با ترکیب منحصربه‌فرد اکسیژن و هیدروژن تشکیل می‌شود. اما در خواص O و H و H2O کوچک‌ترین پیوستگی وجود ندارد. در ضمن واقعیت مهم دیگری را نیز در نظر بگیرید: اگرچه این‌ها (یخ، آب مایع، O و H و H2O) اشکال بسیار متفاوتی از مواد و ناپیوستگی‌های مطلقی هستند، محرک‌هایی که این مراحل انتقالی یا گذار را آغاز می‌کنند، اساساً بی‌اهمیت هستند. در یک حالت صرفاً با سرد کردن آب از یک تا صفر درجه، یخ به دست می‌آید و در مورد دیگر، صرفاً آوردن هیدروژن و اکسیژن به مجاورت مخلوط گازی که منجر به شکل‌گیری آب می‌شود. در مورد منشأ زبان نیز صرفاً به این دلیل که محرکی که باعث جهش به‌سمت پیدایش زبان شده بسیار جزئی بوده، به معنای بی‌اهمیت بودن شکاف موجود نیست یا به این معنا نیست که در این بین ناپیوستگی وجود دارد. این واقعیت که یک تغییر جزئی اتفاق افتاده و باعث خودسازماندهی مغز نخستی‌سانان به پیکربندی جدیدی از انسان که دارای توانایی زبانی بوده است شده، هیچ تأثیری در عظیم بودن چنین فاصله‌ای ندارد. طبق هر نظریه‌ای از پیدایش بشر، واضح است که ما نخستی‌سانان اصلاح‌شده‌ای هستیم. واقعیت این است که ما در مجموعهٔ عظیمی از هومولوگ‌های معرف گونه‌مان از قاعدگی ماهانه گرفته تا زائده‌های کرمی‌شکل با عموزادگان نخستی‌سانان شریک هستیم. ویژگی‌های منحصربه‌فرد ما درواقع افزودنی‌هایی به همان طرح اصلی نخستی‌سانان اولیه است و به نظر من باید فرض کرد که آن‌ها فقط می‌توانستند همان مادهٔ اولیه و از پیش آماده شده باشند.

37. Terrence W. Deacon, *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain* (New York: W. W.Norton, 1998); Pinker, The Language Instinct.

38. Chomsky, *The Science of Language*, 49.

39. David Premack, "Gavagai! Or the future of the animal language controversy," *Cognition* 19: 207–296, see pages281–282.

40. Pinker, *The Language Instinct*.

41. Todd M. Preuss, "Human Brain Evolution: From Gene Discovery to Phenotype Discovery," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, no. Supplement_1 (June 26, 2012): 10709–10716,doi:10.1073/pnas.1201894109;

تفاوتْ ممکن است بیشتر از آن چیزی باشد که معمولاً ادعا می‌شود.

see J. Cohen, "EvolutionaryBiology: Relative Differences: The Myth of 1%," *Science* 316, no. 5833 (June 7, 2007): 1836–1836,doi:10.1126/science.316.5833.1836.

42. Rat Sequencing Genome Consortium. Richard A. Gibbs, George M. Weinstock, Michael L. Metzker, Donna M.Muzny, Erica J. Sodergren, Steven Scherer, et al., "Genome Sequence of the Brown Norway Rat Yields Insights into Mammalian Evolution," *Nature* 428, no. 6982 (April 1, 2004): 493–521, doi:10.1038/nature02426; R. K. Wayne, E.Geffen, D. J. Girman, K. P. Koepfli, L. M. Lau, and C. R. Marshall, "Molecular Systematics of the Canidae"*Systematic Biology* 46, no. 4 (December 1997): 622–53.

43. John Hawks, "Still Evolving (After All These Years)," *Scientific American* 311, no. 3 (September 2014), 86–91.

44. Darwin, *The Origin of Species*, 6th ed. See Chapter 4, where he wrote on page 82.

فاصلهٔ زمانی بسیار مهم است و اهمیت آن فقط از این نظر است که شانس بیشتری برای ایجاد تغییرات مفید و برای انتخاب انباشته‌شدن و تثبیت این تغییرات فراهم می‌کند.. در یک منطقهٔ بزرگ و باز، احتمال بیشتری وجود دارد که تغییرات متنوعی به‌وجود بیاید و این به دلیل تعداد زیادی از افراد یک گونه است.

45. Hawks, "Still Evolving," 88.

46. Ibid., 91.

47. Ibid.

48. Chad D. Huff, Jinchuan Xing, Alan R. Rogers, David Witherspoon, and Lynn B. Jorde, "Mobile Elements RevealSmall Population Size in the Ancient Ancestors of Homo Sapiens," *Proceedings of the National Academy ofSciences* 107, no. 5 (February 2, 2010): 2147– 2152, doi:10.1073/pnas.0909000107; John Shea, "Bleeding orBreeding: Neanderthals and Modern Humans in the Middle Paleolithic Levant," in *Archaeologies of the MiddleEast: Critical Perspectives*, edited by Susan Pollock and Reinhard Bernbeck (Malden, MA: Blackwell, 2005), 129–151.

شیا (براساس تراکم جمعیت شکارچی‌ـ گردآورندهٔ فعلی هشت نفر در ۱۰۰ کیلومتر مربع) جمعیت منطقهٔ خاوری (مساحتی حدود ۱۲۰ هزار کیلومتر مربع) را حدود ده هزار نفر تخمین می‌زند (صفحات ۱۳۵–۱۳۶).

49. Ian Tattersall, "If I Had a Hammer," *Scientific American* 311, no. 3 (September 2014), 55–59; Laurent Duret,"Neutral theory: The Null Hypothesis of Molecular Evolution," *Nature Education* 1, no. 1 (2008): 218. The article isavailable online at: http://www.nature.com/scitable/topicpage/neutral-theory-the-null-hypothesis-of-molecular-839.

50. Duret, "Neutral theory: See also Peter D.Keightley, Martin J. Lercher, and Adam Eyre-Walker, "Evidence for Widespread Degradation of Gene ControlRegions in Hominid Genomes," *PLoS Biology* 3, no. 2 (January 25, 2005): e42, doi:10.1371/journal.pbio.0030042;.

توجه به این نکته مهم است که تأثیر انتخاب روی یک جهش هم به اثر تناسب بقا و تولیدمثل (Fitness) این جهش (ضریب انتخاب) و هم به سایز و اندازهٔ مؤثر جمعیت (Ne) بستگی دارد. بالاخص، هنگامی که Neها بسیار کمتر از یک باشد، اساساً سرنوشت جمعیت‌ها با رانش ژنتیکی تصادفی تعیین می‌شود. به‌عبارت دیگر، در جمعیت‌های کوچک، اثرات تصادفی رانش ژنتیکی تصادفی بر اثرات انتخاب غلبه می‌کند. بنابراین تمام جهش‌هایی را که Ne آن‌ها بسیار کمتر از یک باشد می‌توان از لحاظ تأثیر خنثی دانست. این به آن معناست که انتظار می‌رود نسبت جهش‌های خنثی با اندازه مؤثر جمعیت تاکسون به‌طور معکوس تغییر کند. داده‌های تجربی با این پیش‌بینی سازگارند. مثلاً در گونه‌های مگس سرکه Dorsophila (جایی که Ne حدود 10^6است) نسبت تعویض‌های غیرمشابه (nonsynonymous) که با انتخاب

مثبت تثبیت شده‌اند حدود ۵۰ درصد است. این را با داده‌های مربوط به نخستی‌سانان انسان‌نما(Hominid) مقایسه کنید که در آن‌ها Ne حدود ۱۰۰۰۰ به ۳۰۰۰۰ جایی که این نسبت نزدیک به صفر است. به‌طور مشابه می‌توان گفت نسبت جهش‌های غیرمشابه که از لحاظ تأثیر خنثی هستند در مگس سرکه کمتر از ۱۶ درصد است. درحالی‌که در نخستی‌سانان ۳۰ درصد است.

51. Junjie Qin et al., "A Human Gut Microbial Gene Catalogue Established by Metagenomic Sequencing," *Nature* 464,no. 7285 (March 4, 2010): 59–65, doi:10.1038/nature08821.

52. Preuss, "Human Brain Evolution: From Gene Discovery to Phenotype Discovery."

۵۳. نسبت تعداد جانشینی‌های ناهم‌معنا به ازای جایگاه‌های ناهم‌معنا (Ka) به تعداد جانشینی‌های هم‌معنا به ازای جایگاه‌های هم‌معنا (Ks)، که شاخصی برای عملکرد فشار انتخابی مثبت روی یک ژن کدکنندهٔ پروتئین است.

See "Ka/Ks ratio," *Wikipedia*, accessed October 25, 2015,https://en.wikipedia.org/wiki/Ka/Ks_ratio.

54. Cheng et al., "A Genome-Wide Comparison of Recent Chimpanzee and Human Segmental Duplications"; Wen-Hsiung Li and Matthew A. Saunders, "News and Views: The Chimpanzee and Us," *Nature* 437, (1 September 2005):50–51; Dong-Dong Wu, David M. Irwin, and Ya-Ping Zhang, "De Novo Origin of Human Protein-Coding Genes,"*PLoS Genetics* 7 (November 10, 2011): e1002379.

55. Suzana Herculano-Houzel, "The Remarkable, Yet Not Extraordinary, Human Brain as a Scaled-up Primate Brain andIts Associated Cost," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, Supplement 1 (June 26, 2012): 10661–10668, doi:10.1073/ pnas.1201895109.

56. Morris Goodman and Kirstin N. Sterner, "Phylogenomic Evidence of Adaptive Evolution in the Ancestry ofHumans" (colloquium paper), *Proceedings of the National Academy of Sciences 107*, Supplement 2 (May 2010):8918–8923, 8922, doi:10.1073/ pnas.0914626107; Michael S. Gazzaniga, *Human: The Science Behind What MakesUs Unique* (New York: Ecco, 2008).

به فصل اول کتاب گازانیگا برای مشاهده فهرست و بحث در مورد چندین ژن دخیل در رشد مغز (ASPM، Microcephalin، CDKRAP2، CENPJ، Sonic Hedgehog، APAF1 و CASP3) که تفاوت‌های بین انسان و شامپانزه را نشان می‌دهند، مراجعه کنید.

57. Preuss, "Human Brain Evolution: From Gene Discovery to Phenotype Discovery," 10714.

58. see *PNAS*, 107 Suppl 2 (May 11,2010).

برای مشاهده خلاصه‌ای از وضعیت هنر در ژن‌هایی که ما را انسان می‌سازند، به منابع زیر مراجعه کنید.

ArthurM. Sackler Colloquia, National Academy of Sciences, December 10–12 2009,http://www.nasonline.org/programs/sackler-colloquia/completed_colloquia/in-the-light-of-evolution-the-humancondition. html.

59. Preuss, "Human Brain Evolution: From Gene Discovery to Phenotype Discovery," 10712–10713.

60. Ibid., 10711.

61. Ibid., 10713.

62. Faraneh Vargha-Khadem, Kate Watkins, Katie Alcock, Paul Fletcher, and Richard Pass-ingham, "Praxic andNonverbal Cognitive Deficits in a Large Family with a Genetically Transmitted Speech and Language Disorder," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 92, no. 3 (January 31, 1995): 930–933, 930.

63. Kate E. Watkins, Nina F. Dronkers, and Fareneh Vargha-Khadem, "Behavioural Analysis of an Inherited Speech andLanguage Disorder: Comparison with Acquired Aphasia," *Brain: A Journal of Neurology* 125, no. 3 (March 2002):452–464, 461.

64. Ibid.

65. Heather K. J. van der Lely and Steven Pinker, "The Biological Basis of Language: Insight from Developmental Grammatical Impairments," *Trends in Cognitive Sciences* 18, no. 11(November 2014), 286–295,doi:10.1016/j. tics.2014.07.001.

این ژن‌ها شامل ژن CNTNAP2 روی کروموزوم 7Q (در پایین دست از FOXP2) است. دو ژن اضافی که مخصوص SLI به نظر می‌رسند روی کروموزوم Q16 هستند: ATP2C2 و CMIP.

66. Ibid.

67. Ibid., 293.

68. Goodman and Sterner, "Phylogenomic Evidence of Adaptive Evolution in the Ancestry of Humans," 8922, emphasis added.

69. Chomsky, *The Science of Language*, 13.

70. See discussion in Chapter 13, section 13.2.

71. MacNeilage, *The Origin of Speech*, 42.

72. See footnote 25. See also "Aphasia," The Free Dictionary, http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/aphasia,

بدون تردید، با توجه به هزاران زبان‌پریشی خاص که ثبت شده است، پردازش زبان در مغز بسیار پیمانه‌ای (modular) است، با مناطق خاص و مجموعه‌های عصبی اختصاص‌داده‌شده به کارهای بسیار خاص.

See alsoPinker, *The Language Instinct*, Chapter 10.

73. Anette Karmiloff-Smith and Michael S. C. Thomas, "What can developmental disorders tell us about theneurocomputational constraints that shape development? The case of Williams syndrome," *Development andPsychopathology*, 15 (2003), 969–990, abstract.

74. Deacon, *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain*, 311.

75. Ibid., 413, emphasis in original.

76. L. von Melchner, S. L. Pallas, and M. Sur, "Visual Behaviour Mediated by Retinal Projections Directed to theAuditory Pathway," *Nature* 404, no. 6780 (April 20, 2000): 871–76, doi:10.1038/35009102.

77. Norman Doidge, *The Brain That Changes Itself: Stories of Personal Triumph from the Frontiers of Brain Science* (New York: Viking, 2007).

78. Ibid., 258.

79. Noam Chomsky, *Language and Problems of Knowledge: The Managua Lec-*

tures (Cambridge, MA: MIT Press,1988), 38–39.

80. *Evolution*, 200–201.

81. Ibid., 271.

82. Jacob Christensen-Dalsgaard, and Catherine E. Carr, "Evolution of a Sensory Novelty: Tympanic Ears and theAssociated Neural Processing," *Brain Research Bulletin* 75, no. 2–4 (March 2008): 365–370, 365–367,doi:10.1016/j.brainresbull.2007.10.044 emphasis added.

83. Darwin, *Origin of Species* (1872), 407.

84. Bhart-Anjan S. Bhullar, Zachary S. Morris, Elizabeth M. Sefton, Atalay Tok, Masayoshi Tokita, Bumjin Namkoong,Jasmin Camacho, David A. Burnham, and Arhat Abzhanov, "A Molecular Mechanism for the Origin of a KeyEvolutionary Innovation, the Bird Beak and Palate, Revealed by an Integrative Approach to Major Transitions inVertebrate History," *Evolution* 69 (July 2015), 1665–1677, 1674, doi:10.1111/evo.12684; see comment on the resultat http://www.livescience.com/50802-chicken-embryos-with-dinosaur-snouts-created.html.

85. Richard Goldschmidt, *The Material Basis of Evolution* (New Haven, CT: Yale University Press 1940), 6–7.

86. Denton, *Evolution*, 223–225.

87. R. J. Tillyard, *The Biology of Dragonflies* (Cambridge: Cambridge University Press, 1917), 215.

88. Darwin, *Origin of Species* (1872), 407.

89. The term "awful stretcher" was used by Darwin in a letter to A.R. Wallace on June 15, 1864. Letter 4535,https://www.darwinproject.ac.uk/letter/entry-4535.

فصل یازدهم

1. Michael Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler, 1986), 342.

2. Erika Check Hayden, "Human Genome at Ten: Life Is Complicated," *Nature* 464, no. 7289 (April 2010): 664–667,doi:10.1038/464664a.

3. Ibid.

4. David S. Latchman, *Gene Regulation: A Eukaryotic Perspective*, 5th ed. (New York: Taylor & Francis, 2005);Moisés Mallo and Claudio R. Alonso, "The Regulation of Hox Gene Expression during Animal Development,"*Development* 140, no. 19 (October 2013): 3951–3963, doi:10.1242/dev.068346; Christian Lanctôt, Thierry Cheutin,Marion Cremer, Giacomo Cavalli, and Thomas Cremer, "Dynamic Genome Architecture in the Nuclear Space:Regulation of Gene Expression in Three Dimensions," *Nature* Reviews Genetics 8, no. 2 (February 2007): 104–115,doi:10.1038/nrg2041; Thomas Montavon, Natalia Soshnikova, Bénédicte Mascrez, Elisabeth Joye, Laurie Thevenet,Erik Splinter, Wouter de Laat, Françoi Spitz, and Denis Duboule, "A Regulatory Archipelago Controls Hox GenesTranscription in Digits," *Cell* 147, no. 5 (November 23, 2010): 1132–1145, doi:10.1016/j.cell.2011.10.023; CarstenCarlberg and Ferdinand Molnár, *Mechanisms of Gene Regulation* (New York: Springer, 2013), Chapter 13, table13.1.

5. Mallo and Alonso, "The Regulation of Hox Gene Expression during Animal Development."

6. Michael Denton, *Nature's Destiny: How the Laws of Biology Reveal Purpose in the Universe* (New York: Free Press,1998), 343.

7. Samuel Taylor Coleridge, "Kubla Khan," Poetry Foundation, http://www.poetryfoundation.org/poem/173247.

8. Fred Hoyle and Chandra Wickramasinghe, *Evolution from Space: A Theory of Cosmic Creationism* (New York:Simon and Schuster, 1984), 24.

9. Fred Hoyle, *The Intelligent Universe*, 1st American ed. (New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1984), 19; quotedfrom "Junkyard Tornado," *Wikipedia*, accessed on September 11, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Junkyard_tornado#cite_note-5.

10. Charles Darwin, *Origin of Species*, 6th ed. (London: John Murray 1872), 204, Chapter 7.

11. Ronald A. Fisher, *The Genetical Theory of Natural Selection*, edited by J. Hen-

ry Bennett (Oxford: OxfordUniversity Press, 1999), 39.

12. Ibid., 40 (fig. 3).

13. Ibid., 40.

14. Ibid., 41.

15. Massimo Pigliucci, "What, If Anything, Is an Evolutionary Novelty?" *Philosophy of Science* 75, no. 5 (December2008): 887–898, 887, doi:10.1086/594532.

16. Dylan R. Dittrich-Reed and Benjamin M. Fitzpatrick, "Transgressive Hybrids as Hopeful Monsters," *EvolutionaryBiology* 40, no. 2 (June 2013): 310–315, doi:10.1007/ s11692-012-9209-0; Olivier Rieppel, "Turtles as HopefulMonsters," *BioEssays: News and Reviews in Molecular, Cellular and Developmental Biology* 23, no. 11 (November2001): 987–991, doi:10.1002/ bies.1143; Günter Theissen, "Saltational Evolution: Hopeful Monsters Are Here toStay," *Theory in Biosciences/Theorie in Den Biowissenschaften* 128, no. 1 (March 2009): 43–51,doi:10.1007/s12064-009-0058-z.; Tangay Chouard, "Evolution: Revenge of the Hopeful Monster," *Nature* 463, no.7283 (February 18, 2010): 864–867, doi:10.1038/463864a.

17. Darwin, *Origin of Species,* 6th ed., 134.

فصل دوازدهم

1. Stephen Jay Gould, *The Structure of Evolutionary Theory* [hereafter SET] (Cambridge, MA: Belknap Press[Harvard], 2002), 351–352:

جانورشناس آلمانی، ویلهلم هاکه در سال ۱۸۹۳ کلمه orthogenesis را ابداع کرد. ولی این مفهوم به‌طور ضمنی همان Formalist سنتی است... این کلمه در معنای تحت‌اللفظی به معنای راست‌زایی (تکامل در خط مستقیم و به‌سمت هدف مشخص) اما این اصطلاح هرگز در معنای توصیفی‌اش استفاده نشده بلکه همهٔ فرگشت‌گرایان معنای گسترده‌تری را از آن درک کرده‌اند. ارتوژنز بیانگر این ادعاست که تکامل در مسیرهای مشخص و محدودی پیش می‌رود زیرا عوامل درونی، تنوع را به کانال‌های تعریف‌شده‌ای محدود می‌کنند.

2. See "Orthogenesis," *Wikipedia*, accessed on September 11, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogenesis.

3. Leo Berg, *Nomogenesis* (Cambridge, MA: MIT Press, 1966), 149. See also Gould, SET, Chapter 5.
4. Thomas H. Huxley, "Mr. Darwin's Critics" (1871), *in Darwiniana: Essays*, edited by Asa Gray (New York: D.Appleton and Company, 1896), 181.
5. Gould, *SET*, 365.
6. Ibid., 515, 517.
7. For a review of the area, see Stephen Jay Gould, "Eternal Metaphors of Paleontology," *in Patterns of Evolution asIllustrated by the Fossil Record*, edited by Anthony Hallam (New York: Elsevier Scientific Publishing Company,1977), 1–26, and *Structure of Evolutionary Theory*, Chapters Five and Seven.
8. "Evolution of Plants," *Wikipedia*, accessed September 11, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_of_plants.
9. "Plant Evolution," *Wikipedia*, accessed on September 11, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Plant_evolution;"Evolution of Plants," Wikipedia, accessed September 11, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_of_plants; Paul Kenrick and Peter R. Crane, "The Origin and Evolution of Plants on Land," *Nature* 389 (September 4, 1997):33–39, doi:10.1038/37918..

۱۰. در قیاس، در پستانداران و اکثر جانوران، گامت‌ها (n۱) همیشه تک‌سلولی هستند و هرگز برای تولید یک گامتوفیت پرسلولی تحت تقسیم سلولی قرار نمی‌گیرند.

۱۱. در مورد پستانداران و پرندگان و همچنین سایر مهره‌داران و در واقع همهٔ گونه‌های جانوری، نسل دیپلوئیدی (ارگانیسم) چندسلولی است مثلاً در انسان حدود ده هزار میلیارد سلول، اما نسل هاپلوئید فقط شامل گامت تک‌سلولی است و بنابراین همیشه تک‌سلولی است. بااین‌حال، در همهٔ گیاهان خشکی هردو فاز دیپلوئید و هاپلوئید، چندسلولی است. فاز چندسلولی هاپلوئید به‌عنوان گامتوفیت شناخته می‌شود و نقش تغذیه‌کننده و پشتیبان مراحل اولیهٔ رشد فاز دیپلوئید را که به اسپوروفیت معروف است دارد که در بیشتر گیاهان بدنهٔ اصلی گیاه را شکل می‌دهد. بنابراین گیاهان دارای دو نسل چندسلولی متناوب هستند.

12. Thomas N. Taylor, Edith L. Taylor, and Michael Krings, *Paleobotany*: The *Biology and Evolution of Fossil Plants*,2nd ed. (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1993); Wilson N. Stewart and Gar W. Rothwell, *Paleobot-*

anyand the Evolution of Plants, 2nd ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 1993).

13. Berg, *Nomogenesis*, 120.
14. Ibid., 121.
15. Alfred Sherwood Romer, *The Vertebrate Body* (New York: Saunders Co., 1977), 20.
16. Ibid., 417; Dev Raj Khanna and P. R. *Yadav, Biology of Fishes* (New Delhi, India: Discovery Publishing House,2004), 78.
17. Romer, *The Vertebrate Body*, 416–424.
18. Ibid.
19. Berg, *Nomogenesis*, 125.
20. Eldon J. Braun and Paulette R. Reimer, "Structure of Avian Loop of Henle as Related to Countercurrent MultiplierSystem," *The American Journal of Physiology* 255, no. 3, part 2 (September 1988): F500–512.
21. George Stuart Carter, *Structure and Habit in Vertebrate Evolution* (London: Sidgwick and Jackson, 1967).
22. Kevin M. Middleton and Stephen M. Gatesy, "Theropod Forelimb Design and Evolution," *Zoological Journal of theLinnean Society* 128, no. 2 (February 2000): 149–187, doi:10.1111/j.1096-3642.2000.tb00160.x; Phil Senter,"Vestigial Skeletal Structures in Dinosaurs," *Journal of Zoology* 280, no. 1 (January 2010): 60–71,doi:10.1111/j.1469-7998.2009.00640.x; "The origin of birds," *Understanding Evolution*, University of California,Berkeley, http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/evograms_06.
23. "Abelisauridae," *Wikipedia*, accessed September 11, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Abelisauridae.
24. "The testimony of Kevin Padian in Kitzmiller v. Dover," edited by Nick Matzke, National Center for ScienceEducation, http://www.sciohost.org/ncse/kvd/Padian/kpslides.html, see slide 55a; see also Senter, "Vestigial SkeletalStructures in Dinosaurs," and "The origin of birds," *Understanding Evolution*, University of California, Berkeley, http://evolution.berkeley.edu/

evolibrary/article/evograms_06.

25. Christian A. Sidor, "Simplification as a Trend in Synapsid Cranial Evolution," *Evolution: International Journal ofOrganic Evolution* 55, no. 7 (July 2001): 1419–1442.

26. A. W. Crompton and Farish A. Jenkins Jr., "Origin of Mammals," in J. A. Lillegraven, Z. Kielan-Jaworowska, andW. A. Clemens, eds., *Mesozoic Mammals: The First Two-Thirds of Mammalian History* (Berkeley: University ofCalifornia Press, 1979), Chapter 3, 59–73; C A. Sidor, "Evolutionary Trends and the Origin of the MammalianLower Jaw," *Paleobiology* 29, no. 4 (December 2003): 605–40, doi:10.1666/0094-8373(2003)029<0605:ETATOO>2.0.CO;2.

27. Hans-Dieter Sues, "The Relationships of the Tritylodontidae," *Zoo Journal of the Linnean Society* 85, no. 3 (1985):205–211; Blaire van Valkenburg and Ian Jenkins, "Evolutionary Patterns in the History of Permo-Triassic andCenozoic Synapsid Predators," *Paleonto-logical Society Papers* 8 (2002): 267–288, available online athttp://www.yale.edu/ypmip/predation/Chapter_10.pdf. The authors comment regarding synapsid trends:

نویسندگان در مورد روندهای سیناپسیدها (هم‌کمانان: یک رده از آب پرده‌داران) این‌طور اظهارنظر کرده‌اند: روندهای طولانی‌مدت در جمجمه (crania) شکارچیان سیناپسید غیرپستاندار گوشتخوار اساساً همان مواردی است که برای کل سیناپسیدهای پرمین–تریاس مشاهده شده است. این موارد شامل افزایش استحکام دیوارهٔ کاسهٔ سر (جمجمه)، کاهش تعداد استخوان‌های جمجمه، گسترش عضلهٔ گیجگاهی و رشد عضله‌های مربوط به جویدن، و رشد ماهیچهٔ بالی جانبی pterygloiseus ، افزایش چند دندانی، تشکیل کام ثانویهٔ استخوانی، افزایش اندازهٔ مغز و کاهش استخوان‌های post–dentary است که تکامل می‌یابند و به استخوان‌های گوش‌میانی در پستانداران تبدیل می‌شوند.

28. "Evolution of mammalian auditory ossicles," *Wikipedia*, accessed on September 11, 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_of_mammalian_auditory_ossicles.

29. Douglas L. Theobald, "29+ Evidences for Macroevolution: The Scientific

Case for Common Descent," *TheTalk.Origins Archive*, Vers. 2.89, Web, 12 Mar. 2012 http://www.talkorigins.org/faqs/comdesc, see part 1, section 4,reptile to mammal:

چندین سگ‌دندان (cynodont) و morganucodon به‌وضوح فک دو مفصلی دارند. به این روش، مفصل فک مخصوص خزندگان آزادشده تا عملکرد ویژه و جدیدی در گوش میانی ایجاد شود. شایان ذکر است که برخی از گونه‌های امروزی مارها دارای فک دو مفصلی هستند. که استخوان‌های مختلفی در آن وجود دارد. بنابراین آرایش مکانیکی قطعاً امکان‌پذیر و کاربردی است.

30. "Evolution of mammalian auditory ossicles," *Wikipedia*, http://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_of_mammalian_auditory_ossicles.

31. Qiang Ji, ZheXi Luo, Xingliao Zhang, Chong-Xi Yuan, and Li Xu, "Evolutionary Development of the Middle Ear inMesozoic Therian Mammals," *Science* 326, no. 5950 (October 9, 2009): 278–281, doi:10.1126/science.1178501;Zhe-Xi Luo, "Developmental Patterns in Mesozoic Evolution of Mammal Ears," *Annual Review of Ecology,Evolution, and Systematics* 42, no. 1 (December 2011): 355–80, doi:10.1146/annurev-ecolsys-032511-142302.

32. Sues, "The Relationships of the Tritylodontidae," 116, all internal references removed; for the internal references, seeoriginal source.

33. Karl T. Bates and Peter L. Falkingham, "Estimating Maximum Bite Performance in Tyrannosaurus Rex Using Multi-Body Dynamics," *Biology Letters* 8, no. 4 (August 23, 2012): 660–664, doi:10.1098/rsbl.2012.0056; Brian Switek,"Did the Real T. Rex Resemble the One in Jurassic Park?" *National Geographic News*, April 4, 2013, http://news.nationalgeographic.com/news/2013/04/130405-jurassic-park-tyrannosaurus-rex-dinosaur-science.

34. Kevin Padian, Dover transcripts, day 9, p.m. session, 23.

35. Ibid.

۳۶. استدلال‌های زیست‌شناس تکاملی ریچارد استرنبرگ را در این کتاب ببینید:

Living Waters: Intelligent Designin the Oceans of the Earth (Illustra Media, 2015).

۳۷. با این حال، برای پیدایش این استخوان‌ها در نهنگ‌های مدرن، یک عملکرد جفت‌گیری فرض شده است.

James P. Dines et al.,"Sexual selection targets cetacean pelvic bones," *Evolution* 68, no. 11 (November 2014): 3296–3306.

38. Gould, *SET*, 203.

39. Ibid.

40. August Weismann, *The Evolution Theory*, vol. 2 (London: Edward Arnold, 1903), 114, cited in Gould, Structure ofEvolutionary Theory, 205.

41. Henry F. Osborn, *Evolution of Mammalian Molar Teeth* (New York: Macmillan, 1907).

42. Henry F. Osborn, "Homoplasy as a Law of Latent or Potential Homology," *American Naturalist* 36 (1902): 259–271, 259, 270, text available at: http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101051340964;view=1up;seq=7; passagesas quoted in *Gould, Structure of Evolutionary Theory*, 1085.

43. For further citations, see Gould's discussion of the topic in his paper "Eternal Metaphors," cited above, and varioussections of *The Structure of Evolutionary Theory.*

44. Henry F. Osborn, "Darwin and Paleontology," *in Fifty Years of Darwinism* (New York: H. Holt and Company,1909), 223.45. Ibid., 225.

فصل سیزدهم

1. Charles Darwin, letter to Henry Fawcett, 18 September 1861, quoted in *The Autobiography of Charles Darwin*:1809–1882, edited by Nora Barlow (New York: Norton, 1969), Appendix, Part One, page 130. Text on line:https://www.darwinproject.ac.uk/letter/entry-3257.

2. Edward Stuart Russell, *Form and Function* (London: Murray, 1916), 78.

راسل می‌پرسد: «اگر عنصر غیرقابل تقلیلی از یک مجموعهٔ واحد وجود داشته باشد، آیا واقعیتی در پیشنهاد جوفرا (Geoffroy) وجود دارد مبنی‌بر اینکه این مجموعهٔ واحد ناشی از قدرتی است که در دنیای اتم‌ها اعمال می‌شود که در آن عنصر دارای ویژگی تغییرناپذیری هستند.»

3. Richard Owen, *On the Anatomy of Vertebrates* (London: Longmans, Green and Co., 1866).

پاراگراف‌های پایانی را ببینید که در آن‌ها اوون از قوانینی صحبت می‌کند که باعث پیشرفت شکل‌های حیات از حالت ماهی تا رسیدن به‌شکل بشر شده است. همچنین به بحث دربارهٔ دیدگاه اوون در فصل اول و فصل چهارم مراجعه کنید.

4. Stephen Jay Gould, *The Structure of Evolutionary Theory* (Cambridge, MA: Belknap Press [Harvard], 2002), Chapters Two and Twelve.
5. Thomas Nagel, *Mind and Cosmos: Why the Materialist Neo-Darwinian Conception of Nature Is Almost CertainlyFalse* (New York: Oxford, 2012), 126.
6. Jonathan Lear, *Aristotle: The Desire to Understand* (New York: Cambridge University Press, 1988), 20.
7. Ibid., 20, emphasis added.
8. Paul Davies, *The Accidental Universe* (New York: Cambridge University Press, 1982); John D. Barrow and FrankTipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (New York: Oxford University Press, 1988); John Gribbin and Martin Rees, *Cosmic Coincidences: Dark Matter, Mankind, and Anthropic Cosmology* (Golden, CO: ReAnimus Press,2015); Paul Davies, *The Cosmic Blueprint: New Discoveries in Nature's Creative Ability to Order the Universe*(Philadelphia: Templeton Foundation Press, 2004).
9. Davies, *The Accidental Universe*, vii.
10. Fred Hoyle, "The Universe: Past and Present Reflections," *Engineering and Science* (November, 1981), 8–12, 12.
11. Davies, *The Cosmic Blueprint*, 201.
12. Jes K. Jørgensen, Cecile Favre, Suzanne B. Bisschop, Tyler L. Bourke, Ewine F. van Dishoeck, and MarkusSchmalzl, "Detection of the Simplest Sugar, Glycolaldehyde, In a Solar-Type Protostar with Alma," *TheAstrophysical Journal* 757, no. 1, L4 (2012): doi:10.1088/2041-8205/757/1/L4; Philippe Schmitt-Kopplin, ZelimirGabelica, Régis D. Gougeon, Agnes Fekete, Basem Kanawati, Mourad Harir, Istvan Gebefuegi, Gerhard Eckel, and-Norbert Hertkorn, "High Molecular Diversity of Extraterrestrial Organic

Matter in Murchison Meteorite Revealed 40Years after Its Fall," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107, no. 7 (February 16, 2010): 2763–2768,doi:10.1073/ pnas.0912157107; John A. Baross, Steven A. Benner, George D. Cody, Shelley D. Copley, Norman R.Pace, James H. Scott, and Robert Shapiro, *The Limits of Organic Life in Planetary Systems* (Washington, DC:National Academies Press, 2007).

13. Baross, Benner, et al., *The Limits of Organic Life in Planetary Systems*,

14. Shawn D. Domagal-Goldman, Antígona Segura, Mark W. Claire, Tyler D. Robinson, and Victoria S. Meadows,"Abiotic Ozone And Oxygen in Atmospheres Similar to Prebiotic Earth," *The Astrophysical Journal 792*, no. 2(August 20, 2014): 90, doi:10.1088/0004-637X/792/2/90.

وجود اکسیژن نیز برای پیدایش حیات پیچیده ضروری تلقی می‌شود.

David C. Catling, Christopher R. Glein, Kevin J. Zahnle, and Christopher P. McKay, "Why O2 Is Required by Complex Life on Habitable Planets and the Concept of Planetary 'Oxygenation Time,'" *Astrobiology* 5,no. 3 (June 2005): 415–438, doi:10.1089/ ast.2005.5.415.

15. Laurence Henderson, *The Fitness of the Environment: An Enquiry into the Biological Significance of the Propertiesof Matter* (New York: Macmillan Co., 1913).

هندرسون در این کتاب به عناصری از تناسب اشاره می‌کند که به‌ویژه به موجودات عالی‌تر مانند انسان مربوط می‌شوند.

See pages 89, 102 and 139. Michael J. Denton, *Nature's Destiny:How the Laws of Biology Reveal Purpose in the Universe* (New York: Free Press, 1998); Michael J. Denton, "ThePlace of Life and Man in Nature: Defending the Anthropocentric Thesis," *BIO-Complexity* 2013, no. 1 (February 25,2013): 1–15, doi:10.5048/BIO-C.2013.1.

16. Paul Davies, *The Fifth Miracle: The Search for the Origin and Meaning of Life* (New York: Simon & Schuster,1999).

17. Lear, *Aristotle: The Desire to Understand*, 20.

18. John R. Platt, "Properties of Large Molecules That Go beyond the Properties of Their Chemical Subgroups," *Journalof Theoretical Biology* 1 (1961):

342–358; Philip Warren Anderson, "More Is Different," *Science* 177 (1972): 393–396; Robert B. Laughlin, David Pines, Joerg Schamlian, Branko P. Stojkovic, and Peter Wolynes, "The Middle Way,"*Proceedings of the National Acadamy Sciences* USA 97 (2000): 32–37; Margaret Morrison, "Emergence, Reduction,and Theoretical Principles: Rethinking Fundamentalism," *Philosophy of Science 73*, no. 5 (2006): 876–887. *Biology & Philosophy* 28, no. 1 (January 2013): 31–52, 36.

در مقالهٔ قبلی‌ام نوشتم: فیزیکدانان اشاره کرده‌اند که با فرارفتن مقیاس طبیعی از حوزهٔ میکروسکوپی یعنی سروکار داشتن با خواص اتمی و مولکولی ماده در محدودهٔ نانومتر و حوزهٔ مزوسکوپی و سروکار داشتن با خواص ماده در محدودهٔ نانومتر حوزهٔ مزوسکوپی و سروکار داشتن با خواص مادهٔ تغلیظ شده در محدودهٔ میکرومتر، به حوزه ماکروسکوپی سلول یعنی سروکار داشتن با خصوصیات توده‌های بزرگ‌تری از ماده که بالاتر از محدودهٔ میکرومتر هستند و در حوزهٔ اشیای روزمره محسوب می‌شوند، قوانین جدید و نوظهور و اصول جدید سازماندهی پدیدار می‌شوند... به دلیل سازماندهی سلسله مراتبی طبیعت در لایه‌های مجزا و مشخص، که هر یک قوانین منحصربه‌فرد خود را دارند، هرگز امکان دستیابی به آن‌ها وجود ندارد. در دستور کار ساخت‌گرایی (constructionist)... ساختن جهان از پائین به بالا (bottom up) فقط براساس قوانین و خصوصیات ماده در سطح زیر اتمی اتفاق می‌افتد... همان‌طور که آندرسون خاطرنشان می‌کند در هر سطح از پیچیدگی خصوصیات کاملاً جدیدی ظاهر می‌شود و درک رفتارهای جدید نیاز به تحقیقاتی دارد که ماهیت آن مثل بقیهٔ تحقیقات، زیربنایی و اساسی است.

۱۹. توجه داشته باشید که در این بخش من اصطلاح اپی‌ژنتیک را عمدتاً (اما نه به‌طور انحصاری) برای نشان دادن نظم زیستی نوخاسته (سلولی و ارگانیسمی) استفاده می‌کنم که از طریق فرآیند خودسازماندهی در مادهٔ زنده به‌وجود می‌آید و در ژن‌ها مشخص نشده است. بااین‌حال، اصطلاح اپی‌ژنتیک اغلب در زمینهٔ پزشکی برای اشاره به صفات ارثی استفاده می‌شود که در DNA رمزگذاری نشده‌اند و برای اشاره بر تأثیرات محیطی بر بیان ژن است.

20. Michael J. Denton, "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Pan– Selectionism," *BIOComplexity2013*, no. 3 (August 19, 2013), 1–18, 8–9.

21. Lewis Wolpert and Julian H. Lewis, "Towards a Theory of Development," *Federation Proceedings* 34, no. 1(January 1975): 14–20, abstract.

22. August Weismann, *The Evolution Theory* (Bristol, England: Edward Arnold, 1904). Text available through InternetArchive at https://archive.org/stream/evolutiontheory01weis_0#page/403/mode/2up (vol.1) and https://archive.org/stream/evolutiontheory01weis_0#page/403/mode/2up (vol. 2).

23. Ibid., vol. 1, 403–404.

وایزمن می‌نویسد: «چون سلول نیز یک ماشین است. درواقع یک ماشین بسیار پیچیده است... اما ماشین زنده با ماشین‌های دیگر متفاوت است چون خودش را می‌سازد... اما اهرم‌ها، چرخ‌ها و میل‌لنگ‌های این ماشین‌های آلی (زنده) از کجا می‌آید.»

[emphasis added] 24. Ibid., vol. 2, 307. Available at: https://archive.org/stream/evolutiontheoryt02weisuoft#page/306/mode/2up.

25. Ibid

وایزمن می‌نویسد: از نظر بعضی از دانشمندان، گونه (species) به‌اصطلاح شبیه به شکل‌گیری یک بلور پدیدار می‌شود. یا به‌عنوان حالت تعادل و توازنی از ماده زنده که هر از گاهی جای چیزی عوض می‌شود و به حالت تعادلی جدیدی درمی‌آید. بنابراین گونه چیزی است که مشروط به درون است. درست مثل یک بلور.»

26. Ibid., vol. 1, 335.

27. Marta Linde-Medina, "Adaptation or Exaptation? The Case of the Human Hand," *Journal of Biosciences* 36 (2011):575–585, 580, doi:10.1007/s12038-011-9102-5.

28. Jacques Monod, *Chance and Necessity* (London: Collins, 1972).

29. Francis Crick, *Of Molecules and Men* (Amherst, NY: Prometheus Books, 2004).

30. James D. Watson and Andrew Berry, *DNA: The Secret of Life* (New York: Alfred A. Knopf, 2003).

31. Evelyn Fox Keller, *The Century of the Gene* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000), 6.

32. Denton, Kumaramanickavel, and Legge, "Cells as Irreducible Wholes: The

Failure of Mechanism and the Possibilityof an Organicist Revival," 43. Also see Wilhelm Johannsen, "Some Remarks about Units in Heredity," *Hereditas* 4(1923): 133–141; Edward Stuart Russell, *The Interpretation of Development and Heredity: A Study in BiologicalMethod* (Oxford: Oxford University Press, 1930); Paul Weiss, "The Living System: Determinism Stratified," in-*Beyond Reductionism: New Perspectives in the Life Sciences*, edited by Arthur Koestler and John R. Smythies(London: Hutchinson and Co, 1969), 3–55; H. Frederik Nijhout, "Metaphors and the Role of Genes inDevelopment," *Bioessays* 12 (1990): 441–446; Richard C. Strohman, "Ancient Genomes, Wise Bodies, UnhealthyPeople: Limits of Genetic Thinking in Biological Medicine," *Perspectives in Biology and Medicine* 37, no. 1 (1993):112–144; Keller, *The Century of the Gene; Gabor Forgács and Stuart A. Newman, The Biological Physics of theDeveloping Embryo* (New York: Cambridge University Press, 2005), introduction; *Aristotle, Parts of Animals*,translated by Arthur Leslie Peck (London: Heinemann, 1937), 109. As Jonathan Lear describes the forms (see*Aristotle: A Desire to Understand*, Chapter 2),

اَشکال ارسطویی، نقشه ساختمانی به اضافهٔ اقدامات سازندگانی است که طرح را عملاً به‌عنوان یک خانه محقق می‌سازند_ عوامل علّی طبیعی (اشکال زمینه‌ای) که به یک موجود زنده وجود می‌بخشند.

33. Nijhout, "Metaphors and the Role of Genes in Development," 441.
34. Russell, *The Interpretation Of Development And Heredity*, 25–30.
35. Keller, *Century of the Gene*, Chapter 2; Evelyn Fox Keller, *Making Sense of Life* (Cambridge, MA: HarvardUniversity Press, 2002), Chapter 4.
36. Keller, *Making Sense of Life,* 136.
37. Denton, Kumaramanickavel, and Legge, "Cells as Irreducible Wholes: The Failure of Mechanism and the Possibilityof an Organicist Revival," 43. For the internal references, see the original article.
38. Cited in Keller, *The Century of the Gene*, 54; Francis C. Crick, "On Protein Synthesis," *Symposia of the Society forExperimental Biology* 12 (1957): 138–163, 152

39. Denton, Kumaramanickavel, and Legge, "Cells as Irreducible Wholes: The Failure of Mechanism and the Possibilityof an Organicist Revival," 44.
40. Thibaut Brunet, Adrien Bouclet, Padra Ahmadi, Démosthène Mitrossilis, Benjamin Driquez, Anne-Christine Brunet,Laurent Henry, et al., "Evolutionary Conservation of Early Mesoderm Specification by Mechanotransduction inBilateria," *Nature Communications* 4 (November 27, 2013): doi:10.1038/ncomms3821; Matthias Chiquet, LaurentGelman, Roman Lutz, and Silke Maier, "From Mechanotransduction to Extracellular Matrix Gene Expression inFibroblasts," Biochimica et *Biophysica Acta–Molecular Cell Research* 1793, no. 5 (May 2009): 911–920,doi:10.1016/j.bbamcr.2009.01.012; María Elena Fernández-Sánchez, Sandrine Barbier, Joanne Whitehead, GaëlleBéalle, et al., "Mechanical Induction of the Tumorigenic B-Catenin Pathway by Tumour Growth Pressure," *Nature523* (May 11, 2015): 92–95, doi:10.1038/nature14329. See also the ongoing research project headed by EmmanuelFarge, entitled "Mechanics and Genetics of Embryonic and Tumoral Development," *Physical Chemistry*, InstitutCurie, http://umr168.curie.fr/en/research-groups/mechanics-and-genetics-embryonic-and-tumoraldevelopment/mechanics-and-genetics-embr.
41. Ibid.
42. Denton, Kumaramanickavel, and Legge, "Cells as Irreducible Wholes: The Failure of Mechanism and the Possibilityof an Organicist Revival," 44. For the internal references, see the original article.
43. Jim Collins, cited in the Nature opinion column "Life after the synthetic cell," *Nature* 465 (May 27, 2010): 422–424, page 424, doi:10.1038/465422a.

پروژهٔ ژنوم انسانی، لیست بخش‌های سلولی را گسترش داده است، اما هیچ دستورالعملی برای کنار هم گذاشتن آن‌ها و تولید یک سلول زنده در اختیارمان نمی‌گذارد. این امر مانند این است که بخواهید یک هواپیمای جت را از روی لیست قطعاتش بسازید که قطعاً غیرممکن است.

۴۴. وقتی داشتم کتاب قبلی‌ام را می‌نوشتم یک کارکردگرا و ژن‌محور پرشور بودم و تا حدی اعتقادم بر این بود که راز حیات در ژن‌هاست و همین مرا به سمت پروژهٔ

ژنوم جذب می‌کرد. تحقیقات من سال‌ها بر جستجوی ژن‌های مسئول بیماری‌های ژنتیکی انسان متمرکز بود.

45. Stuart A. Kauffman, *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution* (New York: OxfordUniversity Press, 1993).

46. Stuart A. Kauffman, *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity* (NewYork: Oxford University Press, 1996), 23; see also Chapter 4.

47. David J. Depew and Bruce H. Weber, *Darwinism Evolving: Systems Dynamics and the Genealogy of Natural Selection* (Cambridge, MA: MIT Press, 1996); Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, JamesSneyd, Guy Theraulaz, and Eric Bonabeau, *Self-Organization in Biological Systems* (Princeton: Princeton UniversityPress, 2003); Thomas Surrey, François Nedelec, Stanislas Liebler, and Eric Karsenti, "Physical Properties-Determining Self-Organization of Motors and Microtubules," *Science* 292 (2001): 1167–1171; Timothy J.Mitchinson, "Self-Organization of Polymer–Motor Systems in the Cytoskeleton," Philosophical Transactions of the-Royal Society of London, Series B, *Biological Sciences* 336 (1992): 99–106; Ray Keller, Lance Davidson, and DavidShook, "How We Are Shaped: The Biomechanics of Gastrulation," *Differentiation* 7 (2003): 171–205; Stuart A.Newman, "Developmental Mechanisms: Putting Genes in Their Place," *Bioscience* 27 (2002): 97–104; Nijhout,"Metaphors and the Role of Genes in Development"; Frederik Nijhout, "When Developmental Pathways Diverge,"*PNAS* 96 (1999): 5348–5350; Brian C. Goodwin, *How the Leopard Changed Its Spots* (New York: Charles Scribner, 1994), Chapters Four and Five; Tom Misteli, "The Concept of Self-Organization in Cellular Architecture," *TheJournal of Cell Biology* 155, no. 2 (2001): 181–185; Franklin M. Harold, *The Way of the Cell* (New York: OxfordUniversity Press, 2002).

48. Kauffman, *At Home in the Universe*, 35; Roger Lewin, *Complexity* (New York: Macmillan, 1992), see Chapter 2entitled "Beyond Order and Magic."

49. Camazine et al., *Self-Organization in Biological Systems*, 87.

۵۰. پیچیدگی خود سازمان‌یافته تنها ابزار موجود برای شکل‌های نوخاسته نیست. نظم اپی‌ژنتیک نوخاسته نیز با بالا رفتن سلسله مراتب نظم آلی، خود به خود به‌وجود می‌آید دو سلول خصوصیات شیمیایی و فیزیکی نوخاسته‌ای دارند که در یک سلول منفرد وجود ندارد. به‌همین‌ترتیب هزار سلول خصوصیات طبیعی نوخاسته‌ای دارند (ویسکوالاستیک و سایر موارد) که دو سلول به‌تنهایی آن‌ها را ندارند. یک نورون نمی‌تواند یک مدار عصبی ایجاد کند. درحالی‌که سه نورون می‌توانند به‌هم متصل شوند و یک مدار ساده ایجاد کند و باز هم می‌توان گفت که مثلاً در مورد سلول‌های عصبی، خصوصیاتی که می‌توانند در اثر تعامل ده میلیارد نورون تحقق یابند مطمئناً از نظر کیفی بسیار متفاوت از خصوصیاتی هستند که تنها با یک هزار محقق می‌شوند. به دلیل سازمان سلسله مراتبی طبیعت با لایه‌های مشخص که هر یک قوانین منحصربه‌فردی دارند، با صعود سلسله مراتب‌ها خصوصیات جدید و نوظهوری به‌وجود می‌آید. این امر به حوزهٔ آلی و همچنین غیرآلی است. زیست‌شناسی کمتر از فیزیک نیست و مانند آن یک علم multileveled (چند سطحی) است. اکتشافات همواره تجربی هستند و پدیده‌ها در هر سطحی، از زیست‌شناسی گرفته تا روان‌شناسی، به سطوح زیرین تقلیل یافتنی نیستند یک مورد بسیار خاص و نوظهور، پدیدهٔ ذهن و هشیاری است. ماهیت معمایی ذهن و چالش عمیقی که برای توضیح از نظر مادی‌گرایی تقلیل‌پذیر و داروینیسم ایجاد می‌کند اخیراً توسط توماس ناگل وصف شده است.

51. Alan Turing, "The Chemical Basis of Morphogenesis," Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, *Biological Sciences* 237, no. 641 (August 14, 1952): 37–72.

52. Christian B. Anfinsen, "Principles That Govern the Folding of Protein Chains," *Science* 181 (1973): 223–230.

۵۳. در زیست‌شناسی سلولی به‌طور همگانی تصدیق شده است که خودسازماندهی نقش حیاتی دارد و شکل سلول‌ها بیشتر از خودسازماندهی مواد تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها ایجاد می‌شود تا از دستورالعمل‌های یک طرح دقیق در ژنوم. عناوین مقالات اخیر بیانگر اهمیت روزافزون خودسازماندهی در زیست‌شناسی سلولی است... همان‌طور که کارنستی در مقاله‌ای در سال ۲۰۰۸ توضیح داده است، مفاهیم خودسازماندهی که ابتدا در شیمی و فیزیک مطرح شدند و توسعه یافتند، بعداً در مسائل مختلف مورفوژنتیک در زیست‌شناسی طی قرن گذشته مورد استفاده قرار گرفت. اکنون در سازمان سلول زنده هم به کار گرفته می‌شود. هیچ زنجیرهٔ خطی ساده‌ای از وقایع

علیتی وجود ندارد که ژن‌ها را فنوتیپ پیوند دهد. میستلی اظهارنظر کرده و گفته است که آیندهٔ زیست‌شناسی سلولی درک رفتار جمعی ساختارهای سلولی در سطح مولکولی خواهد بود... حرکت از تجزیه‌وتحلیل رفتار تک‌مولکولی به مطالعه رفتار بیولوژیکی سلولی سیستم‌ها... نقش احتمالی خود سازماندهی به‌عنوان یک اصل اساسی در معماری سلولی ممکن است فقط آغاز کار باشد.

54. Misteli, "The Concept of Self-Organization in Cellular Architecture," 184.

55. Franklin M. Harold, "To Shape a Cell: An Inquiry into the Causes of Morphogenesis of Microorganisms,"*Microbiological Reviews 54*, no. 4 (December 1990): 381–431, 386.

56. Franklin M. Harold, "Molecules into Cells: Specifying Spatial Architecture," *Micro-biology and Molecular BiologyReviews* 69, no. 4 (December 1, 2005): 544–564, 559, doi:10.1128/MMBR.69.4.544-564.2005, emphasis added.

57. Gerald H. W. Lim, Michael Wortis, and Ranjan Mukhopadhyay, "Stomatocyte-Discocyte-Echinocyte Sequence ofthe Human Red Blood Cell: Evidence for the Bilayer-Couple Hypothesis from Membrane Mechanics," *Proceedingsof the National Academy of Sciences 99* (2002): 16766-16769, doi:10.1073/pnas.202617299.

58. Dennis E. Discher, David H. Boal, and Seng K. Boey, "Simulations of the Erythrocyte Cytoskeleton at LargeDeformation—II. Micropipette Aspiration," *Biophysical Journal* 75 (1998): 1584-1597, doi:10.1016/S0006-3495(98)74076-7; Dmitry A. Fedosov, Bruce Caswell, and George Em Karniadakis, "A Multiscale Red Blood CellModel with Accurate Mechanics, Rheology, and Dynamics," *Biophysical Journal* 98 (2010): 2215–2225,doi:10.1016/j.bpj.2010.02.002; Zhangli Peng, Robert J. Asaro, and Qiang Zhu, "Multi-scale Simulation of theErythrocyte Membrane," *Physical Review E: Statistical, Nonlinear, Soft Matter Physics* 81 (2010): 031904.

59. Lim et al., "Stomatocyte-Discocyte-Echinocyte Sequence of the Human Red Blood Cell."

60. Alan Wright, Christina F. Chakarova, Mai M. Abd El-Aziz, Shomi S. Bhattacharya, "Photoreceptor degeneration:Genetic and mechanistic dissection

of a complex trait," *Nature Reviews Genetics* 11 (March 9, 2010): 273–284.

61. Govindasamy Kumaramanickavel, Michael J. Denton, Michael Legge, "No evidence for a genetic blueprint: Thecase of the 'complex' mammalian photoreceptor," *Indian Journal of Ophthalmology* 62 (2015): 48–49, 49.
62. Wolpert and Lewis, "Towards a Theory of Development."
63. Keller, Davidson, and Shook, "How We Are Shaped," *Differentiation* 71 (2003): 171–205, 171; Forgács andNewman, *Biological Physics of the Developing Embryo* (New York: Cambridge University Press, 2005).
64. Lance A. Davidson, Michelangelo von Dassow, and Jian Zhou, "Multi-Scale Mechanics from Molecules toMorphogenesis," *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology 41*, no. 11 (November 2009): 2147–2162, 2147, doi:10.1016/j.biocel.2009.04.015.
65. Lance A. Davidson, Sagar D. Joshi, Hye Young Kim, Michelangelo von Dassow, Lin Zhang, and Jian Zhou,"Emergent Morphogenesis: Elastic Mechanics of a Self-Deforming Tissue," *Journal of Biomechanics* 43, no. 1(January 2010): 63–70, 63, doi:10.1016/j. jbiomech.2009.09.010.
66. Stuart A. Newman, Gabor Forgács, and Gerd B. Müller, "Before Programs: The Physical Origination ofMulticellular Forms," *The International Journal of Developmental Biology* 50, no. 2–3 (2006): 289–299.doi:10.1387/ijdb.052049sn.
67. Suzan Mazur, "The Origin of Form Was Abrupt Not Gradual," Archaeology, Archaeo-logical Institute of America,October 11, 2008, http://www.archaeology.org/online/interviews/newman.html.
68. Stuart A. Newman and Ramray Bhat, "Dynamical Patterning Modules: physiochemical determinants of morphological development and evolution," *Physical Biology* 5, no. 1 (April 10, 2008): 015008, 10, doi:10.1088/1478-3975/5/1/015008.
69. Stuart Newman, "Form and Function Remixed: Developmental Physiology in the Evolution of Vertebrate BodyPlans," *Journal of Physiology* 592 (2014): 2403–2413, see page 2403, doi: 10.1113/jphysiol.2014.271437, emphasisadded.

70. Ibid., 2410.

71. Dmitry A. Voronov, Patrick W. Alford, Gang Xu, and Larry A. Taber, "The Role of Mechanical Forces in DextralRotation during Cardiac Looping in the Chick Embryo," *Developmental Biology* 272, no. 2 (August 2004): 339–350,doi:10.1016/j.ydbio.2004.04.033, emphasis added.

72. Ibid., 339.

در اوایل تکوین قلب، لوله مستقیم قلب به یک لوله C شکل که معمولاً به‌سمت راست جنین خم شده است، تغییر شکل می‌دهد.

73. Anfinsen, "Principles That Govern the Folding of Protein Chains"; George D. Rose, Patrick J. Fleming, Jayanth R.Banavar, and Amos Maritan, "A Backbone-Based Theory of Protein Folding," *Proceedings of the National Academyof Sciences* 103, no. 45 (2006): 16623–16633; Michael J. Denton, Craig J. Marshall, and Michael Legge, "TheProtein Folds as Platonic Forms: New Support for the Pre-Darwinian Conception of Evolution by Natural Law,"*Journal of Theoretical Biology* 219 (2002): 325–342.

74. Denton et al., "The Protein Folds as Platonic Forms"; Rose et al., "A Backbone-Based Theory of Protein Folding."

75. Russell, *Form and Function*, Chapter 7.

76. Cyrus Chothia, Tim Hubbard, Steven Brenner, Hugh Barns, and Alexey Murzin, "Protein Folds in the All-Beta andAll-Alpha Classes," *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure* 26 (1997): 597–627.

77. Denton et al., "The Protein Folds as Platonic Forms."

78. Michael J. Denton, "Protein Based Life As an Emergent Property of Matter: The Nature and Fitness of the ProteinFolds," (a paper presented at the John Templeton Research Symposium, Biochemistry and Fine-Tuning, October 11–12, 2003, at the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) *in Fitness of the Cosmos for Life*: *Biochemistry andFine-Tuning*, edited by John D. Barrow et al. (Cambridge: Cambridge University Press, 2007), 256–279.

79. Ibid.

80. Ibid.

81. Daniel M. Weinreich, "Darwinian Evolution Can Follow Only Very Few Mutational Paths to Fitter Proteins,"*Science* 312, no. 5770 (2006): 111–114, see page 113.

82. Barry Honig, "Protein Folding: From the Levinthal Paradox to Structure Prediction," *Journal of Molecular Biology293* (1999): 283–293, see pages 290–291.

83. Denton et al., "The Protein Folds as Platonic Forms," 332–333.

84. Seymour J. Singer and Garth L. Nicolson, "The Fluid Mosaic Model of the Structure of Cell Membranes," *Science175*, no. 4023 (1972): 720–731.

85. Philip Ball, *Shapes: Nature's Patterns: A Tapestry in Three Parts* (Oxford: Oxford University Press, 2009), Chapter2.

86. Wieland B. Huttner and Anne A. Schmidt, "Membrane Curvature: A Case of 'Endofeelin,'" *Trends in Cell Biology12* (2002): 155–158.

87. Conrad Hal Waddington, *New Patterns in Genetics and Development* (New York: Columbia University Press, 1962),102–112, 107. See also Figure 20.

88. Anthony A. Hyman and Eric Karsenti, "Morphogenetic Properties of Microtubules and Mitotic Spindle Assembly,"*Cell* 84, no. 3 (1996): 401–410.

89. Marc W. Kirschner and Tim Mitchison, "Microtubule Dynamics," *Nature* 324, no. 6098 (1986): 621.

90. Francois J. Nédélec, Thomas Surrey, Anthony C. Maggs, and Stanislas Leibler, "Self-Organization of Microtubulesand Motors," *Nature* 389, no. 6648 (1997): 305–308.

91. Karsenti, "Self-Organization Processes in Living Matter."

92. Eric Karsenti, "Self-Organization in Cell Biology: A Brief History"; Frederic Backouche, Lior Haviv, DavidGroswasser, and Anne Bernheim-Groswasser, "Active Gels: Dynamics of Patterning and Self-Organization,"*Physical Biology* 3, no. 4 (December 4, 2006): 264–273, doi:10.1088/1478-3975/3/4/004.

93. Karsenti, "Self-Organization Processes in Living Matter."

94. Kirschner and Mitchison, "Microtubule Dynamics."

95. Ron Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought:*

Roots of Evo-Devo (Cambridge:Cambridge University Press, 2005), 241.

96. Hans Driesch, *The Science and Philosophy of the Organism: The Gifford Lectures Delivered Before the University ofAberdeen in the Year 1907* (London: Adam and Charles Black, 1908).

97. Alejandro S. Alvarado and Panagiotis A. Tsonis, "Bridging the Regeneration Gap: Genetic Insights from DiverseAnimal Models," *Nature Reviews Genetics* 7 (2006): 873–884.

همان‌طور که نویسندگان این کتاب‌ها نوشته‌اند (ص ۸۷۷) یک سمندر بالغ «می‌تواند بسیاری از اندام‌ها، از جمله دست‌ها و پاها، دم، طناب نخاعی... عدسی و قرنیه، فک‌ها و قلب را بازسازی کند.»

98. Armin Moczek, Karen E. Sears, Angelika Stollewerk, Patricia J. Wittkopp, Pamela Diggle, Ian Dworkin, CristinaLedon-Rettig, et al., "The Significance and Scope of Evolutionary Developmental Biology: A Vision for the 21stCentury," *Evolution & Development* 17, no. 3 (June 2015): 198–219, doi:10.1111/ede.12125.

این نویسندگان در مقالهٔ خود اظهار کرده‌اند: خیلی‌ها ممکن است انتظار داشته باشند که فرآیندهای مولکولی مربوط به تعیین محور axis در مگس سرکه drosophila حداقل در مگس‌ها Flies حفظ شود. و اینکه جنین‌زایی اولیه و مشخصات vulva (مادگی) کرم الگانس (caeborhabditis elegans) بااین‌حال علیرغم مورفولوژی‌های متداول و مشابه، تغییرات شدید در توسعه در هر دو مورد مشاهده شد... این پدیده‌ای است که آن را به‌عنوان رانش سامانه تکوینی می‌شناسیم.

99. Gregory K. Davis and Nipam H. Patel, "Short, Long, and Beyond: Molecular and Embryological Approaches toInsect Segmentation," *Annual Review Entomology* 47 (2002): 669–699; Paul Z. Liu and Thomas C. Kaufman, "Shortand Long Germ Segmentation: Unanswered Questions in the Evolution of a Developmental Mode," *Evolution andDevelopment* 7, no. 6 (2005): 629–646.

100. Davis and Patel, "Short, Long, and Beyond"; Liu and Kaufman, "Short and Long Germ Segmentation"; Günter P.Wagner, "How Wide and How Deep Is the Divide between Population Genetics and Developmental Evolu-

tion?"*Biology & Philosophy* 22, no. 1 (2006): 145–153.

101. Denton, "The Types: A Persistent Structuralist Challenge to Darwinian Pan-Selectionism," 14. For the internalreferences, see the original article.
(توجه داشته باشید که ممکن است تبدیل شدن از بلند به کوتاه یا از کوتاه به بلند را به‌عنوان دو نمونه دیگر از انتقال ذکر کرد که نمی‌توان آن‌ها را با انتخاب انباشتی توضیح داد.)

102. Liu and Kaufman, "Short and Long Germ Segmentation," 629.

103. Trip Lamb and David A. Beamer, "Digits Lost or Gained? Evidence for Pedal Evolution in the Dwarf SalamanderComplex (Eurycea, Plethodontidae)," *PLoS ONE* 7, no. 5 (2012): e37544.

104. Scott F. Gilbert, *Developmental Biology*, 9th ed. (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2010), Chapter 6. Textavailable at http://10e.devbio.com/article.php?id=92.

105. Tanguy Chouard, "Darwin 200: Beneath the Surface," *Nature* 456, no. 7220 (November 2008): 300–303, see p.300.

106. Wagner, "How Wide and How Deep Is the Divide between Population Genetics and Developmental Evolution?" 148.
من با استناد به او استدلال کردم که هومولوگ‌ها با فرض اینکه ساختارهای مشابه که از جدی مشترک به ارث رسیده‌اند، توضیح داده نمی‌شوند. به نظر من سه دهه بعد نظرات آن‌ها کاملاً تأیید شد.
In Evolution: A Theory in Crisis (Maryland: Adler & Adler, 1986), Chapter 7, I cited Gavin de Beer'smonograph, *Homology: The Unsolved Problem* (Oxford: Oxford University Press, 1971),

107. Wagner, "How Wide and How Deep Is the Divide between Population Genetics and Developmental Evolution?"148, emphasis added.
همیشه واضح بوده که سازگاری‌های ساخته‌شده براساس هومولوگ‌ها یا همان نقاب‌های سازشی مطرح شده توسط اوون مثل اندام‌های حرکتی مهره‌داران مختلف که براساس الگوهای پنتاداکتیل زیربنایی ساخته شده‌اند، بسیار متغیرتر از خود هومولوگ‌ها هستند. از پیشرفت‌های حاصل‌شده در حوزهٔ ژنتیک رشد، اکنون مشخص شده که در بسیاری از موارد الگوهای مشابه نیز مقاوم‌تر از فرآیند تولیدی زیربنایی و

مدارهای ژنی اساسی برای مونتاژ آن‌ها در طول توسعه است. این واقعاً قابل توجه است. در above (بالا) تنوع وجود دارد: شکل‌های سازگار متنوع ساخته‌شده براساس هومولوگ‌ها در گونه‌های مختلف و در تنوع در زیر (below): فرآیندهای زایشی متنوع که باعث ایجاد الگوی مشابه در گونه‌های مختلف می‌شوند. درحالی‌که خود الگوی مشابه در بین بسیاری از تبارها ثابت و بدون تغییر باقی می‌ماند.

108. Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought*, 8.

109. Nicolaas Adrianus Rupke, Richard Owen: *Biology without Darwin* (Chicago: University of Chicago Press, 2009),Chapter 4.

110. Marc Godinot, "The Variety of Attitudes among Palaeontologists Faced with Evolution (1840–1870)," *Spanish Journal of Palaeontology* 27, no. 2 (2012): 151.

111. Rupke, *Richard Owen: Biology without Darwin*, Preface.

112. Although the work reported by Stuart Newman in "Form and Function Remixed," the 2014 paper cited above,comes close to demonstrating this.

فصل چهاردهم

1. See Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 4th ed. (Chicago: The University of Chicago Press,2012); Michael Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Maryland: Adler & Adler, 1986), Chapter Fifteen.

2. See discussion in Chapter 1, Section 1.1.

3. For details, see Massimo Pigliucci and Gerd B. Müller, eds., *Evolution: The Extended Synthesis* (Cambridge, MA:MIT Press, 2010).

4. Günter P. Wagner, *Homology, Genes, and Evolutionary Innovation* (Princeton: Princeton University Press, 2014), 8.

5. Ronald Amundson, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought: Roots of Evo-Devo* (Cambridge:Cambridge University Press, 2005).

6. Jerry Fodor and Massimo Piattelli-Palmarini, *What Darwin Got Wrong* (New York: Pica-dor, 2010), 153.

7. Massimo Pigliucci and Jonathan Kaplan, *Making Sense of Evolution: The Conceptual Foundations of Evolutionary Biology* (Chicago: University of Chicago

Press, 2006), last sentence of book: "The master was (largely) right after all."

8. Sir James G. Frazer, *The Golden Bough: A Study in Magic and Religion* (New York: Macmillan,1922). Textavailable at http://www.sacred-texts.com/pag/frazer/.

معبد الهه‌های سیلوان (Sylvan) درواقع از بین رفته است و پادشاه جنگل دیگر بر فراز شاخهٔ زرین نگهبانی نمی‌دهد. اما جنگل‌های نمی (Nemi) هنوز هم سرسبزند و هنگامی که غروب خورشید بر فراز آن‌ها در غرب کمرنگ می‌شود، از آنجاست که بادهایی به‌سمت ما می‌وزند و صدای ناقوس کلیسای رم آنجلو شنیده می‌شود. آرام و باوقار از دوردست‌ها طنین‌انداز می‌شوند و در کنار مرداب‌های وسیع کامپانیا آرام می‌گیرند. شاه مرده است، زنده باشد شاه جدید!

9. John Burdon Sanderson Haldane, *Possible Worlds and Other Papers* (London: Chatto and Windus, 1945), 286.