Biologia i kultura: sprzężenie zwrotne w ewolucji człowieka na podstawie książki Neila Shubina The Universe Within The Deep History of the Human Body

AUTOR

Fundacja Dobre Państwo

STRESZCZENIE / ABSTRACT

Artykuł analizuje przejście człowieka od biernej adaptacji do aktywnego przekształcania własnego środowiska poprzez konstrukcję niszy. Autor wskazuje na istnienie systemu podwójnego dziedziczenia, w którym kultura – dzięki transmisji horyzontalnej i skośnej – modyfikuje presje selekcyjne działające na geny (np. laktazopersystencja). Wprowadzenie technologii i medycyny stworzyło tzw. buforowanie środowiskowe, które oddziela organizm od dawnych zagrożeń. Kluczowym wnioskiem jest stwierdzenie, że technologia nie znosi doboru naturalnego, lecz zmienia kierunki selekcji i funkcję fitness, przesuwając punkt ciężkości z przeżywalności na inne czynniki sukcesu reprodukcyjnego w społeczeństwach postindustrialnych.

The article analyzes the transition of humans from passive adaptation to active transformation of their own environment through niche construction. The author points to the existence of a dual inheritance system, in which culture—thanks to horizontal and oblique transmission—modifies the selection pressures acting on genes (e.g., lactase persistence). The introduction of technology and medicine has created so-called environmental buffering, which separates the organism from former threats. The key conclusion is that technology does not abolish natural selection but changes the directions of selection and the fitness function, shifting the center of gravity from survivability to other factors of reproductive success in post-industrial societies.

Artykuł analizuje ewolucyjną kondycję człowieka nie jako istotę, która wyemancypowała się z natury, lecz jako organizm stosujący bezprecedensową skalę konstrukcji niszy.

Główną tezą tekstu jest stwierdzenie, że poprzez kulturę i technologię stworzyliśmy systemy dziedziczenia informacji, które radykalnie modyfikują presje selekcyjne działające na nasz własny gatunek. Autor dowodzi, że narzędzia – od ognia i rolnictwa po medycynę i cyfryzację – nie znoszą doboru naturalnego, lecz zmieniają funkcję mapującą cechy organizmu na sukces reprodukcyjny. W efekcie człowiek przestał być jedynie biernym odbiorcą warunków środowiskowych, stając się aktywnym architektem własnej biologii. Tekst prowadzi czytelnika od analizy energetycznych kosztów trawienia i encefalizacji, przez mechanizmy współewolucji genów i kultury, aż po etyczne dylematy edycji genomu. Całość ukazuje paradoks nowoczesności: zamianę zależności ekologicznej na systemową, gdzie bezpieczeństwo jednostki zależy już nie od adaptacji do przyrody, lecz od trwałości stworzonej przez nas infrastruktury.

SŁOWA KLUCZOWE

konstrukcja niszy | sprzężenie zwrotne w ewolucji | gene-culture coevolution | podwójne dziedziczenie | buforowanie środowiskowe | hipoteza kosztownej tkanki | ekstensja fenotypowa | kultura kumulatywna | funkcja fitness | zależność systemowa | selekcja kierunkowa | transmisja horyzontalna | biologiczny budżet energii | antropogeniczne wymuszenie

Człowiek jako aktywny konstruktor własnej niszy

Gdy organizm zaczyna przebudowywać własną niszę – kultura, technologia i zwrotne sprzężenie biologii człowieka ze środowiskiem

Dotychczasowa historia cechowała się wyraźną asymetrią. Gwiazdy wytwarzały pierwiastki, dynamika Układu Słonecznego współokreślała warunki planetarne, geologia przemieszczała kontynenty, atmosfera zmieniała chemię życia, klimat reorganizował siedliska, a dobór naturalny przekształcał organizmy funkcjonujące w tych ramach. Wraz z ewolucją człowieka asymetria ta nie znika, lecz ulega zasadniczemu osłabieniu. Homo pozostaje organizmem podległym fizyce, fizjologii, chorobom, mutacjom i selekcji, ale jednocześnie zyskał niezwykłą zdolność systematycznego przekształcania czynników stanowiących środowisko jego własnego doboru. Autor książki trafnie lokalizuje ten moment jako przejście od bierniejszego dostosowywania się do świata

ku technologicznemu modyfikowaniu go, wskazując narzędzia, ogień, rolnictwo, medycynę i infrastrukturę jako elementy sprzężenia między biologią a kulturą. Należy jednak nadać tej intuicji formę bardziej rygorystyczną: człowiek nie „wyszedł poza naturę", lecz wprowadził do swojej ewolucji drugi, niezwykle szybki system dziedziczenia – kulturę – oraz bezprecedensowo silną konstrukcję niszy. Pojęcie konstrukcji niszy, rozwijane między innymi przez Johna Odling-Smee, Kevina Lalanda i Marcusa Feldmana, odwraca część klasycznej perspektywy adaptacyjnej.

Organizm nie tylko doświadcza środowiska; może je wybierać, przekształcać i stabilizować, modyfikując tym samym presje selekcyjne działające na siebie oraz inne gatunki. Nie jest to cecha wyłącznie ludzka. Bóbr buduje tamę, koralowiec konstruuje rafę, roślina zmienia chemizm gleby, dżdżownica przekształca jej strukturę, a mikroorganizm może wpływać na lokalne pH i dostępność składników. W przypadku człowieka wyjątkowa jest jednak skala, kumulatywność i szybkość procesu: kultura dramatycznie wzmacnia zdolność konstruowania niszy i umożliwia przekazywanie sposobów jej modyfikowania osobnikom, którzy nie są genetycznymi potomkami wynalazcy. Tutaj pojawia się zasadnicza różnica między dziedziczeniem genetycznym a kulturowym. Allele są przekazywane przede wszystkim wertykalnie między pokoleniami i zmieniają swoją częstość poprzez mutację, rekombinację, dryf, migrację i selekcję. Informacja kulturowa może natomiast przechodzić wertykalnie od rodziców, horyzontalnie pomiędzy rówieśnikami i skośnie pomiędzy niespokrewnionymi pokoleniami.

Może ona w ciągu kilku lat rozprzestrzenić się w populacji liczącej miliony osób, zaniknąć, zostać zmodyfikowana albo skopiowana między społecznościami. Modele podwójnego dziedziczenia, rozwijane od drugiej połowy XX wieku przez Luigiego Lucę Cavalli-Sforzę, Marcusa Feldmana, Roberta Boyda, Petera Richersona i innych, wykazały formalnie, że kultura może posiadać własną dynamikę transmisji, a zarazem zmieniać selekcję genów. Geneza laktazopersystencji, omawiana wcześniej, jest dlatego nie ciekawostką dietetyczną, lecz modelowym przypadkiem ewolucji układu dwudziedziczeniowego. Współczesne przeglądy gene-culture coevolution traktują właśnie mleczarstwo, dietę, choroby oraz konstrukcję środowiska jako klasy przykładów, w których praktyka kulturowa modyfikuje późniejszą ewolucję genomiczną.

Technologia zmienia kierunki selekcji zamiast ją znosić

Autor książki określa technologiczne otoczenie człowieka mianem "buforowania środowiskowego" i wymienia odzież, architekturę, ogrzewanie, rolnictwo oraz medycynę jako warstwy oddzielające organizm od części dawnych presji środowiska. Termin ten jest bardzo użyteczny, o ile nie utożsami się buforowania z zanikiem doboru naturalnego. Kurtka rzeczywiście zmniejsza znaczenie

posiadania fizjologii tolerującej chłód, dom ogranicza ekspozycję na wiatr i opad, a antybiotyk może uratować osobę, która bez leczenia zmarłaby z powodu zakażenia. Cesarskie cięcie zmienia część warunków położniczych, zaś okulary pozwalają funkcjonować osobie z wadą refrakcji. Wszystkie te wynalazki zmieniają zależność między fenotypem a przeżyciem, jednak nie oznacza to, że likwidują selekcję. Zmieniają jedynie funkcję mapującą cechy organizmu na sukces reprodukcyjny. Dobór naturalny nie wymaga bowiem śmierci "słabszego".

Wystarczy zróżnicowanie sukcesu reprodukcyjnego skorelowane z cechami posiadającymi komponent dziedziczny. Badania współczesnych populacji wykazują, że selekcja nadal działa u ludzi, choć jej kierunki mogą silniej zależeć od płodności, wieku rozpoczęcia reprodukcji, liczby potomstwa i struktury społecznej niż od śmiertelności młodocianych. Stephen Stearns i współpracownicy podkreślali, że medycyna nie zatrzymała ewolucji człowieka; zmieniła część zależności pomiędzy cechami i fitness. Autor książki trafnie wychwytuje tę różnicę, stwierdzając, że w społeczeństwach postindustrialnych zmieniło się znaczenie poszczególnych składowych sukcesu reprodukcyjnego. Nie należy przy tym wyobrażać sobie technologii jako zewnętrznej "warstwy ochronnej" całkowicie oddzielnej od organizmu. Już najprostsze narzędzie zmienia układ funkcjonalny, w którym działa ciało. Kamień wykorzystywany do rozbijania kości przenosi część mechanicznej pracy z uzębienia i szczęki na rękę oraz przedmiot. Nóż pozwala podzielić tkankę przed włożeniem jej do ust, mielenie rozdrabnia ziarno poza przewodem pokarmowym, a naczynie umożliwia gotowanie pokarmu, który bez technologii byłby trudno dostępny albo toksyczny. Odzież z kolei zastępuje część funkcji izolacyjnej futra.

Włócznia przenosi destrukcyjne działanie kończyny na dystans, którego anatomia naczelnego sama nie zapewnia. Z punktu widzenia biologii funkcjonalnej narzędzie jest więc przedłużeniem układu efektorowego. Nie znaczy to jednak, że autor książki ma rację, gdy w mocnym sensie przypisuje narzędziom kamiennym "przejęcie funkcji zębów i szczęk", a następnie redukcję presji na rozbudowany aparat żucia. Związek ten jest prawdopodobny jako element większego systemu, lecz redukcja wielkości zębów, twarzoczaszki i aparatu żucia miała wiele przyczyn: zmianę jakości diety, mechaniczne przetwarzanie pokarmu, wzrost udziału mięsa i tłuszczu, gotowanie, zmiany tempa rozwoju oraz przekształcenia całej czaszki. Technologia może odciążać aparat żucia, lecz nie jest jedną wyłączną przyczyną jego ewolucji. Ponownie trzeba odróżnić zmianę środowiska funkcjonalnego od prostego związku "narzędzie spowodowało mniejszą szczękę".

Jeszcze wyraźniej problem ten pojawia się przy ogniu. Kontrolowane wykorzystanie ognia jest jednym z najważniejszych progów w dziejach człowieka, ale archeologiczna chronologia jego regularnego używania pozostaje przedmiotem sporów. Istnieją stanowiska interpretowane jako dowody bardzo wczesnego kontaktu z ogniem, lecz szeroko akceptowane świadectwa

systematycznego użycia stają się znacznie częstsze dopiero w środkowym plejstocenie. Richard Wrangham zwracał uwagę na paradoks: jeżeli gotowanie miało być centralne już dla wczesnego Homo, archeologiczne świadectwa ognia starsze niż około 400 tys. lat są zaskakująco skąpe; jednocześnie anatomia wczesnego Homo wydaje się trudna do pogodzenia z całkowicie surową dietą o jakości porównywalnej z dietą dzikich małp człekokształtnych. Sam Wrangham przyznawał, że istniejące rozwiązania problemu nie są w pełni satysfakcjonujące.

Technologia jako zewnętrzny etap trawienia i dziedziczenia

Hipoteza gotowania ma potężne znaczenie biologiczne. Podgrzanie mięsa denaturuje białka i zmienia właściwości tkanki łącznej; obróbka skrobi prowadzi do jej żelatynizacji, co zwiększa dostępność dla enzymów amylolitycznych; rozdrobnienie i termiczne zmiękczenie redukują koszt żucia; ciepło natomiast zabija wiele patogenów i pasożytów oraz może inaktywować część toksyn roślinnych. Ogień staje się zatem zewnętrznym etapem trawienia. Część pracy mechanicznej i chemicznej, którą w innym przypadku musiałby wykonać organizm, zostaje przeprowadzona przed konsumpcją. To przesunięcie niesie głębokie konsekwencje energetyczne.

Organizm nie interesuje się nominalną kalorycznością pożywienia zapisaną w tabeli, lecz energią netto możliwą do przyswojenia po odjęciu kosztów zdobycia, żucia, trawienia, detoksykacji i metabolizmu. Gotowany pokarm podnosi tę wartość bez zmiany pierwotnej masy produktu. Technologia zaczyna więc wpływać na biologiczny budżet energii. Autor książki łączy to z hipotezą kosztownej tkanki i sugeruje, że przetwarzanie żywności doprowadziło do redukcji przewodu pokarmowego, co umożliwiło przekierowanie energii ku rosnącemu mózgowi.

Wymaga to jednak precyzyjnego rozdzielenia dwóch teorii. Aiello i Wheeler w klasycznej **Expensive Tissue Hypothesis** proponowali kompensację energetyczną pomiędzy kosztownym mózgiem a przewodem pokarmowym, możliwą dzięki diecie wyższej jakości. Hipoteza gotowania Wranghama stanowi późniejszą i częściowo odrębną propozycję mechanizmu zwiększającego jakość energetyczną diety. Współczesne badania metabolizmu człowieka sugerują ponadto, że encefalizacja nie musi być wynikiem prostego "przeniesienia kalorii z jelit do mózgu". Zmienił się cały budżet energetyczny rodzaju **Homo**: tempo pozyskiwania pokarmu, wielkość ciała, mobilność, zapasy tłuszczu, współpraca i podział zasobów. Organizm nie jest księgowością dwóch narządów, w której jelito oddaje oszczędzoną energię mózgowi. Mimo tych zastrzeżeń ogień reprezentuje jakościową zmianę: człowiek zaczął wytwarzać poza ciałem warunki fizyczne, które modyfikują późniejszą fizjologię. Temperatura ogniska zmienia dostępność energii metabolicznej; zjawisko

fizyczne zlokalizowane metr od organizmu staje się więc elementem jego strategii pokarmowej. Jest to przykład "ekstensji fenotypowej" w szerokim, niedosłownym sensie – funkcjonalne granice człowieka przestają kończyć się na skórze. Ogień zmienił również czas.

Surowa dieta dużych naczelnych wymaga znacznej części dnia przeznaczonej na żucie i trawienie. Przetwarzanie żywności zmniejsza te koszty, uwalniając czas na inne aktywności. Zgromadzenie ludzi wokół trwałego źródła światła i ciepła wydłuża aktywność po zachodzie Słońca, zmienia przestrzeń kontaktów społecznych i prawdopodobnie reorganizuje bezpieczeństwo nocne. Trudniej udowodnić konkretny związek ognia z rozwojem języka czy narracji, ale sam fakt, że technologia zmieniła dobową strukturę środowiska społecznego, jest konsekwencją o ogromnym znaczeniu. Tu ujawnia się istota kulturowego sprzężenia zwrotnego. Technologia nie jest tylko narzędziem wykonującym zadanie; zmienia czas dostępny na inne cele, wymagania poznawcze, organizację grupy i przepływ informacji.

Narzędzie kamienne wymaga surowca, miejsca jego zdobycia, techniki obróbki i przekazania umiejętności. Ogień wymaga podtrzymywania, paliwa, organizacji przestrzeni i norm regulujących dostęp. Rolnictwo wymaga kalendarza, przechowywania, prawa do zasobu, koordynacji pracy, obrony zapasów i często nowych struktur dziedziczenia. Każda innowacja tworzy zatem wtórne środowisko społeczne, którego nie da się zredukować do pierwotnej funkcji technologii.

Kultura kumulatywna jest szczególną formą dziedziczenia niszy. Jednostka nie zaczyna życia w świecie naturalnym "od zera", lecz w środowisku już przekształconym przez tysiące wcześniejszych pokoleń. Noworodek nie musi wynaleźć języka, ognia, ceramiki, rachunku, alfabetu, kanalizacji ani szczepionki – otrzymuje ich efekty jako element zastanego świata. Dziedziczy więc nie tylko geny, ale infrastrukturalnie i symbolicznie przebudowane środowisko. W klasycznych teoriach kultury kumulatywnej używa się metafory efektu zapadki: innowacja powstaje, zostaje społecznie zachowana, a następne pokolenia zaczynają od osiągniętego już poziomu zamiast odtwarzać go od początku. Ludzie mogą w ten sposób korzystać z rozwiązań, których żaden pojedynczy umysł nie byłby zdolny sam wynaleźć.

Kultura jako system zewnętrznej pamięci i transmisji

Współczesna literatura komplikuje jednak ten klasyczny obraz. Sama kumulatywność nie wydaje się być cechą bezwzględnie unikalną dla człowieka; niektóre tradycje zwierzęce również wykazują stopniowe akumulowanie zmian. Nowsza propozycja Morgana i Feldmana wskazuje, że to, co szczególnie charakterystyczne dla kultury ludzkiej, to raczej jej otwarta, niemal nieograniczona

przestrzeń możliwych kombinacji i domen, a nie sam fakt kumulacji. Jest to istotna korekta antropocentryczna.

Szympans może posiadać tradycję narzędziową, ptak uczyć się zachowań społecznie, a populacje waleni przekazywać techniki żerowania. Różnica człowieka jest ilościowo i jakościowo ogromna, lecz nie musi ona wynikać z pojawienia się całkowicie nowej kategorii procesów poznawczych. Może być raczej efektem kombinacji wysokiej wierności uczenia społecznego, języka, wspólnej intencjonalności, norm, pedagogiki, zdolności do rekonstruowania celu czynności, podziału pracy oraz instytucji przechowujących informację poza pojedynczym mózgiem. Analizy kultury kumulatywnej poszukują źródeł niezwykłej skali ludzkiego systemu właśnie w tych interakcjach. Język jest w tym układzie technologią szczególną, nawet jeśli nie przybiera materialnej postaci młotka czy garnka. Pozwala on kodować informacje o obiektach nieobecnych, wydarzeniach z przeszłości i przyszłości, normach oraz stanach intencjonalnych innych osób. Dzięki składni skończony repertuar elementów może generować praktycznie nieograniczoną liczbę komunikatów. O ile w biologii informacja genetyczna jest przenoszona między pokoleniami przez sekwencje nukleotydów, o tyle w kulturze językowej wiedza może zostać przekazana w ciągu kilku minut osobie niespokrewnionej i następnie powielona w tysiącach umysłów. Te systemy dziedziczenia nie są równoważne, lecz ich współistnienie radykalnie zmienia dynamikę ewolucji człowieka. Kolejny próg wprowadziło pismo, oddzielając magazynowanie informacji od biologicznej pamięci pojedynczego mózgu.

Tekst może przeżyć autora. Instrukcja może zostać wykonana przez kogoś, kto nigdy nie spotkał jej twórcy. Prawo pozwala utrzymać normę przez pokolenia, a diagram przenieść wiedzę techniczną ponad barierami językowymi. W ten sposób kultura konstruuje zewnątrzustrojową pamięć długoterminową. Można tu zachować analogię do genomu, jednak pod warunkiem respektowania fundamentalnych różnic. Książka nie jest chromosomem, a kopiowanie tekstu nie podlega prawom mejozy. Informacja kulturowa jest transformowana przez rozumienie, interesy, prestiż, normy społeczne i instytucje. W przeciwieństwie do klasycznego dziedziczenia genetycznego, cechy nabyte przez jednostkę mogą być przekazywane dalej bezpośrednio: człowiek może nauczyć się nowej techniki, udoskonalić ją i przekazać innym jeszcze w tym samym pokoleniu. Kultura posiada zatem mechanizmy transmisji, które z biologicznej perspektywy przypominają pewne właściwości dziedziczenia lamarkowskiego, choć nie oznacza to, że sama ewolucja biologiczna człowieka stała się lamarkowska.

Rolnictwo jako wielogatunkowa konstrukcja niszy

Rolnictwo zwiększyło skalę konstrukcji niszy o kilka rzędów wielkości. Człowiek zaczął systematycznie wpływać na sukces reprodukcyjny innych gatunków poprzez sztuczną selekcję, regulację dostępu do wody, usuwanie konkurencyjnej roślinności czy nawożenie gleby, przekształcając lasy w pola i magazynując znaczną część rocznej produkcji biomasy. Udomowienie nie było jednostronnym „podporządkowaniem natury", lecz procesem współewolucji. Zboża o niekruszących się kłosach stały się zależne od ludzkiego zbioru i rozsiewu, zwierzęta hodowlane uległy selekcji pod kątem zachowania, rozrodu i morfologii, a człowiek z kolei zmienił dietę, mikrobiom, ekspozycję na patogeny, mobilność oraz organizację społeczną. W ten sposób konstrukcja niszy zaczęła oddziaływać jednocześnie na wiele gatunków. Pole uprawne jest artefaktem ekologicznym, w którym selekcji podlegają roślina, szkodnik, chwast, patogen, zwierzę gospodarskie i człowiek. Pestycyd wybiera odporne owady, antybiotyk podawany zwierzętom promuje bakterie oporne, a uprawa monokulturowa zmienia strukturę epidemiologiczną chorób roślin. Nawadnianie z kolei tworzy idealne warunki do rozrodu komarów. Kultura człowieka stała się zatem czynnikiem ewolucyjnym dla całych sieci ekologicznych, co obrazuje przykład z Afryki Zachodniej.

Uprawa roślin sprzyja przekształcaniu lasów i tworzeniu nasłonecznionych kałuż, co zmienia ekologię komarów i zwiększa presję malarii. W środowisku o intensywniejszej transmisji **Plasmodium falciparum** wzrasta selekcyjna wartość heterozygotycznego genotypu hemoglobiny S. Kultura rolna modyfikuje więc środowisko wektora, wektor zmienia epidemiologię pasożyta, a pasożyt wpływa na selekcję ludzkiego genu. Literatura dotycząca gene-culture coevolution traktuje właśnie takie przypadki jako ilustrację biologicznych konsekwencji kulturowej konstrukcji niszy. Przejście do rolnictwa nie powinno być jednak opisywane jako jednoznaczny „postęp biologiczny". Bioantropologia i archeologia rejestrują w wielu wczesnych populacjach rolniczych pogorszenie wskaźników zdrowotnych: większe obciążenie próchnicą, niedobory, choroby zakaźne oraz skutki zagęszczenia ludności. Produkcja żywności umożliwiła wzrost liczebności populacji, ale wzrost populacyjnego fitness nie oznacza poprawy zdrowia każdego człowieka. Zdolność systemu do wytwarzania większej liczby potomstwa może rosnąć nawet przy jednoczesnym pogorszeniu przeciętnego dobrostanu jednostki.

To rozróżnienie pozostaje aktualne i dziś: ewolucyjne dostosowanie, zdrowie, szczęście i dobrobyt nie są pojęciami zamiennymi. Dobór naturalny nie „dąży" do zdrowia, a kultura nie musi automatycznie zwiększać fitnessu. Instytucja może podnosić produktywność, jednocześnie obniżając dzietność. Medycyna może wydłużać przeżycie, zmieniając przy tym strukturę wieku reprodukcyjnego. Edukacja może zwiększać indywidualny kapitał ludzki, a równocześnie opóźniać

rodzicielstwo. W systemie kulturowo-biologicznym kierunki optymalizacji na różnych poziomach mogą być rozbieżne.

Technologia i medycyna jako modyfikatory funkcji fitness

Urbanizacja wyniosła konstrukcję niszy na kolejny poziom. Miasto tworzy specyficzny mikroklimat, własny obieg wody, energii i odpadów; zmienia spektrum patogenów, dietę, aktywność fizyczną, ekspozycję na zanieczyszczenia oraz sieć kontaktów społecznych. Kanalizacja, uzdatnianie wody, higiena i szczepienia radykalnie redukują część presji infekcyjnych, jednak transport masowy i wysoka gęstość zaludnienia mogą przyspieszać transmisję innych patogenów. Człowiek przestał jedynie adaptować się do lokalnego ekosystemu – zaczął projektować parametry swojego środowiska, często wprowadzając przy tym nowe ryzyka.

Medycyna stanowi tu szczególny przypadek, gdyż pozwala ingerować w relację między genotypem a konsekwencją fenotypową. Insulina umożliwia przeżycie osobom, których fizjologia bez leczenia prowadziłaby do śmierci. Chirurgia koryguje wady strukturalne, antybiotyki eliminują infekcje, które dawniej silnie różnicowały śmiertelność, a terapie nowotworowe przedłużają życie. Technologie reprodukcyjne z kolei pozwalają na posiadanie potomstwa osobom, które wcześniej miałyby minimalne szanse na reprodukcję.

Z punktu widzenia ewolucji medycyna nie jest zawieszeniem praw biologii, lecz modyfikacją funkcji fitness. Jednocześnie leczenie jednego gatunku staje się selekcją innego. Antybiotyk redukuje populację bakterii wrażliwych, zwiększając względny sukces wariantów opornych. Terapia przeciwnowotworowa może selekcjonować oporne klony komórek nowotworowych, a leki przeciwwirusowe wywierają presję na konkretne warianty wirusa. Współczesna medycyna jest więc przestrzenią, w której człowiek równocześnie tłumi selekcję wobec własnych cech i intensyfikuje ją wobec populacji biologicznych, które próbuje kontrolować.

Zjawisko oporności na antybiotyki obnaża ograniczenie technologicznego triumfalizmu. Wynalezienie środka zabijającego mikroorganizm nie kończy konfliktu ewolucyjnego; zmienia krajobraz selekcyjny mikroorganizmu. Im większa populacja bakterii, szybsze tempo reprodukcji i częstsze stosowanie antybiotyku, tym większa szansa, że istniejąca lub nowo powstała oporność zostanie silnie wyselekcjonowana.

Ewolucja nie jest problemem technicznym rozwiązanym raz na zawsze, lecz procesem odpowiadającym na nasze interwencje. Podobna logika dotyczy nowotworów: terapia usuwa

wrażliwe klony, ale może pozostawiać te z mutacjami nadającymi oporność. Guz staje się układem ewoluującym pod wpływem środowiska terapeutycznego. Współczesna onkologia coraz częściej wykorzystuje więc pojęcia ekologiczne i ewolucyjne, próbując zarządzać populacją komórek zamiast traktować guz jako jednorodną masę. Człowiek konstruuje niszę nawet wewnątrz własnego organizmu, a ewolucja odpowiada na tę konstrukcję. Technologia zmieniła również skalę działania doboru płciowego i społecznego – migracja lotnicza potrafi w ciągu kilku godzin połączyć populacje, które dawniej dzieliły miesiące podróży.

Technologia jako eksternalizacja procesów poznawczych

Internet i aplikacje matrymonialne reorganizują sposób kojarzenia partnerów, rozszerzając przestrzeń możliwych interakcji, a jednocześnie poddając ją algorytmicznym filtrom. Nie ma podstaw, by twierdzić, że cyfryzacja zdążyła już pozostawić istotny ślad w ludzkim genomie; minęło zbyt mało pokoleń, a efekty reprodukcyjne technologii są złożone. Można jednak z dużą pewnością stwierdzić, że zmieniła ona część środowiska społecznego, od którego zależą kontakty, dobór partnera, przepływ informacji i decyzje reprodukcyjne. Jest to istotna korekta tezy autora książki, który stawia rolnictwo i cyfryzację obok siebie jako kolejne czynniki biologicznego sprzężenia. Rolnictwo oddziaływało wystarczająco długo, byśmy mogli wykryć konkretne genomiczne konsekwencje praktyk kulturowych. Cyfryzacja pozostaje natomiast przede wszystkim zmianą behawioralną, poznawczą, ekonomiczną i społeczną, a jej przyszłe skutki ewolucyjne są jedynie hipotezą. Szybkości zmiany środowiska nie należy mylić z dowodem zmiany genomu.

Technologie cyfrowe dokonują jednak czegoś innego: radykalnie rozszerzają pamięć zewnętrzną i zdolność delegowania procesów poznawczych. Już pismo umożliwiło przechowywanie informacji poza mózgiem, druk obniżył koszt kopiowania, a telekomunikacja uniezależniła przekaz od fizycznego transportu dokumentu. Sieć internetowa zapewniła niemal natychmiastowy dostęp do rozproszonych zasobów wiedzy, natomiast wyszukiwarki i systemy rekomendacyjne przejęły część zadań selekcji informacji. W filozofii umysłu koncepcja **extended mind** Clarka i Chalmersa zakłada, że w określonych sytuacjach zewnętrzny artefakt może funkcjonalnie uczestniczyć w procesie poznawczym podobnie jak wewnętrzna pamięć. Nie trzeba przyjmować najsilniejszej metafizycznej wersji tej tezy, by dostrzec zjawisko poznawczego outsourcingu. Notatnik, mapa, kalkulator, biblioteka, wyszukiwarka czy model językowy przejmują operacje, które bez narzędzia wymagałyby pamięci roboczej, wiedzy deklaratywnej lub długotrwałego rozumowania.

Z biologicznego punktu widzenia jest to kontynuacja historii zapoczątkowanej przez kamienne narzędzie. Kamień eksternalizuje mechaniczną funkcję kończyny i uzębienia, pismo – część pamięci, a kalkulator wykonanie określonych operacji arytmetycznych. Komputer eksternalizuje ogromną klasę procedur symbolicznych. Sztuczna inteligencja zaczyna z kolei eksternalizować procesy generowania, klasyfikacji, streszczania, prognozowania i transformacji reprezentacji. Nie oznacza to jednak, że narzędzie „zastępuje mózg" lub czyni biologiczną inteligencję zbędną. Przeciwnie – historia technologii pokazuje, że eksternalizacja jednej funkcji często podnosi znaczenie innych. Kalkulator zmniejsza koszt ręcznej arytmetyki, ale zwiększa wartość umiejętności poprawnego sformułowania problemu i interpretacji wyniku. Wyszukiwarka ułatwia odnalezienie informacji, lecz podnosi rangę oceny jej wiarygodności. System generatywny obniża koszt wytworzenia tekstu, co może z kolei zwiększyć znaczenie umiejętności odróżniania argumentu od pozoru argumentacji.

Technologia jako czynnik modyfikacji fenotypu i źródło zmienności genetycznej

Technologia zmienia profil potrzebnych kompetencji, a nie tylko ich ilość. To właśnie dlatego cyfrowa konstrukcja niszy może wpływać na rozwój osobniczy bez jakiejkolwiek ingerencji w genom. Plastyczny mózg kształtuje się w odpowiedzi na praktykę, edukację, język, aktywność ruchową oraz strukturę bodźców. Dziecko wychowane w środowisku cyfrowym może wykształcić inne strategie wyszukiwania informacji, alokacji uwagi i zapamiętywania niż dziecko w świecie zdominowanym przez książki, mimo że oboje posiadają niemal ten sam genom. Kultura potrafi zatem w ciągu jednego pokolenia przekształcać fenotyp poprzez mechanizmy rozwojowe, zanim jakakolwiek zmiana genetyczna stanie się mierzalna.

W tym kontekście kluczowe jest rozróżnienie między ewolucją biologiczną, ewolucją kulturową a zmianą rozwojową. Fakt, że populacja zaczyna korzystać ze smartfonów, nie oznacza biologicznej ewolucji człowieka. Jeśli dzieci uczą się nowych strategii uwagi, mamy do czynienia z plastycznością rozwojową. Jeżeli natomiast praktyka technologiczna jest transmitowana, modyfikowana i selektywnie zachowywana społecznie, mówimy o procesie ewolucji kulturowej. Dopiero gdy środowisko technologiczne przez wiele pokoleń systematycznie wpływa na różnice reprodukcyjne genotypów, może dojść do odpowiedzi genetycznej. Pomieszanie tych trzech poziomów prowadzi do licznych błędów w popularnych prognozach dotyczących przyszłości człowieka.

Technologia może jednak przekroczyć kolejną granicę: nie tylko zmieniać presje selekcyjne, lecz bezpośrednio ingerować w materiał dziedziczny. Autor książki wskazuje CRISPR-Cas9 jako symbol

tego nowego etapu. W tym miejscu metafora sprzężenia biologii i technologii przestaje być przenośnią. Narzędzia edycji genomu umożliwiają bowiem wprowadzenie zamierzonej zmiany sekwencji DNA w komórce.

Należy tu rozdzielić trzy biologicznie i etycznie odmienne kategorie. Edycja somatyczna modyfikuje komórki osoby leczonej i zasadniczo nie jest przekazywana potomstwu. Edycja komórek linii płciowej w badaniach może dotyczyć gamet lub zarodków, bez tworzenia ciąży. Z kolei edycja dziedziczna polegałaby na wprowadzeniu zmiany do genomu osoby w sposób, który pozwoliłby przekazać ją kolejnym pokoleniom. WHO wyraźnie rozróżnia te kategorie; zastosowania somatyczne weszły już do medycyny, podczas gdy kliniczna dziedziczna edycja genomu budzi wyjątkowo poważne zastrzeżenia dotyczące bezpieczeństwa, etyki i zarządzania. Rozróżnienie to jest kluczowe dla teorii ewolucji.

Leczenie somatyczne modyfikuje fenotyp pojedynczego człowieka – podobnie jak lek czy operacja, choć czyni to na poziomie DNA. Edycja dziedziczna mogłaby natomiast wprowadzać zamierzoną zmianę do puli wariantów dostępnych kolejnym pokoleniom. W takim przypadku technologia zaczyna uczestniczyć nie tylko w kształtowaniu środowiska selekcji, ale w samym generowaniu dziedzicznej zmienności. Nie oznacza to jednak „końca darwinizmu”. Nawet zaprojektowany wariant funkcjonowałby później w organizmie z tysiącami interakcji epistatycznych, w środowisku o nieprzewidywalnych właściwościach i w populacji podlegającej zwykłym procesom dziedziczenia. Celowe pochodzenie mutacji nie sprawia, że znamy wszystkie jej późniejsze skutki. Pleiotropia powoduje, że jeden gen może wpływać na wiele cech; efekty wariantu zależą od tła genomowego i środowiska, a przyszłe choroby oraz warunki ekologiczne pozostają nieprzewidywalne.

Biologiczna złożoność i etyka modyfikacji genomu

Kategoria „ulepszenia człowieka” jest biologicznie znacznie bardziej złożona, niż sugeruje to język inżynieryjny. Usunięcie monogennej mutacji odpowiedzialnej za ciężką chorobę różni się konceptualnie od próby zwiększenia wzrostu, zdolności poznawczych, siły czy odporności na starzenie. Te drugie cechy są najczęściej poligenowe, zależne od środowiska i uwikłane w kompromisy ewolucyjne. Nie istnieje pojedynczy allel „inteligencji”, „długowieczności” czy „sprawności”. Im bardziej złożony fenotyp, tym mniej realistyczna staje się metafora wymiany jednego wadliwego podzespołu. Doświadczenie ludzkiej ewolucji wręcz ostrzega przed kategorią jednoznacznego ulepszenia: allel korzystny w warunkach malarii może być chorobotwórczy bez niej, a silna odpowiedź immunologiczna, choć chroni przed zakażeniem, może zwiększać ryzyko patologicznego zapalenia.

Wariant uznany za dobry w jednym środowisku może okazać się szkodliwy w innym. Wysoka płodność może zwiększać fitness w jednej strukturze społecznej, by w innej obciążać zdrowie jednostki. Ewolucja opiera się na kompromisach, ponieważ organizm stanowi sieć wzajemnych zależności. Edycja dziedziczna wprowadza dodatkowo problem nieobecny w klasycznej terapii dorosłego pacjenta: osoba ponosząca konsekwencje interwencji nie może wyrazić na nią zgody, a zmiana potencjalnie oddziałuje również na jej potomków. Właśnie dlatego governance edycji genomu obejmuje nie tylko bezpieczeństwo molekularne, lecz także autonomię, sprawiedliwość, nierówność dostępu, ryzyko dyskryminacji, odpowiedzialność międzypokoleniową oraz zagrożenie nowymi formami eugeniki. WHO podkreśla w tym kontekście konieczność transnarodowego nadzoru i szczególną ostrożność wobec dziedzicznej edycji genomu. Problem ten jest zatem w równym stopniu aksjologiczny, co biologiczny. Ewolucja naturalna nie wymaga uzasadnienia moralnego, gdyż nie jest podmiotem; technologiczna decyzja o zmianie ludzkiego genomu jest natomiast działaniem społecznym i podlega ocenie etycznej.

Gdy przyczynowość przechodzi od ślepego procesu do świadomej interwencji, pojawia się odpowiedzialność. To właśnie tutaj historia głębokiego czasu spotyka filozofię prawa i etykę. Wiedza o tym, że człowiek jest produktem kontyngentnej ewolucji, nie dostarcza gotowej odpowiedzi na pytanie, które cechy powinniśmy zachować, usuwać lub tworzyć. Z faktu biologicznego nie wynika norma moralna. Jest to klasyczny przykład błędu naturalistycznego: ewolucja opisuje sposób powstawania cech, ale nie wskazuje, które z nich są pożądane moralnie. Równie błędne byłoby przeciwne rozumowanie, według którego każda „naturalna” cecha powinna pozostać nietykalna tylko dlatego, że jest produktem ewolucji. Medycyna od dawna modyfikuje skutki natury – od antybiotyków po operacje serca – czyniąc to często na silnych podstawach normatywnych. Granica między terapią a ulepszaniem nie jest absolutnie ostra. Przywrócenie słuchu osobie niesłyszącej można uznać za terapię, jednak społeczności Głuchych mogą słusznie wskazywać, że głuchota stanowi również element tożsamości kulturowej.

Leczenie niskorosłości zależy od tego, gdzie społeczeństwo wyznacza normę. Redukowanie ryzyka choroby wieloczynnikowej wymaga natomiast określenia, jaki poziom ryzyka uznajemy za patologiczny. Im głębiej technologia ingeruje w cechy człowieka, tym wyraźniej widać, że biologia nie potrafi samodzielnie zdefiniować „normalności”.

Wiąże się to bezpośrednio z problemem różnorodności. Ewolucja utrzymuje zmienność, ponieważ warunki środowiskowe są heterogeniczne i dynamiczne, a niektóre warianty okazują się korzystne tylko w określonych kontekstach. Masowa eliminacja wariantu uznanego w danym momencie za niepożądany może zmniejszyć odporność populacji na przyszłe, nieznane zagrożenia. W biologii rolniczej konsekwencje redukcji różnorodności genetycznej są dobrze znane: monokultura bywa

wydajna, lecz jednocześnie wyjątkowo podatna na nowy patogen. Choć nie należy mechanicznie przenosić tej analogii na ludzi, ogólna zasada wartości różnorodności biologicznej pozostaje kluczowa. Paradoks współczesnego człowieka polega na tym, że narzędzia służące redukowaniu ryzyka jednostki mogą w przyszłości stać się instrumentami homogenizacji populacji. Gdyby decyzje reprodukcyjne zostały masowo podporządkowane tym samym preferencjom dotyczącym określonych cech, kultura mogłaby stworzyć nową formę kierunkowej selekcji, nieznaną w tradycyjnej historii gatunku. Na razie jest to przede wszystkim problem normatywny i prognostyczny, a nie opis procesu biologicznego zachodzącego na dużą skalę. Znacznie bardziej realna jest obecnie konstrukcja niszy w skali planetarnej.

Zamiana zależności ekologicznej na systemową

Rolnictwo, spalanie paliw kopalnych, urbanizacja, transport, przemysł, nawozy i globalny handel trwale przekształciły cykle węgla, azotu i fosforu, rozmieszczenie gatunków, tempo wymierań oraz klimat. Człowiek stał się czynnikiem, którego ślad pozostaje widoczny w osadach, chemii atmosfery i przyszłym zapisie kopalnym. Nie oznacza to jednak, że człowiek „kontroluje planetę". Wręcz przeciwnie: antropogeniczne wymuszenie może uruchamiać sprzężenia klimatyczne, ekologiczne i biogeochemiczne, nad którymi nasza kontrola jest ograniczona.

Konstrukcja niszy osiąga tu paradoksalny etap. Technologia powstała częściowo po to, by uniezależnić człowieka od nieprzewidywalności środowiska, lecz w skali globalnej sama stała się źródłem nowych niepewności. Ogrzewanie domu redukuje lokalną presję zimna, ale spalanie paliw na skalę cywilizacyjną zmienia globalny bilans radiacyjny. Nawóz zwiększa plony, lecz w wielkiej skali zaburza obieg azotu i prowadzi do eutrofizacji wód. Antybiotyk ratuje pacjenta, ale jego masowe stosowanie selekcjonuje oporność bakterii. Sieć cyfrowa redukuje koszt pozyskania informacji, lecz generuje problem przeciążenia informacyjnego, manipulacji i algorytmicznej selekcji uwagi. Technologia nie usuwa ograniczeń; często zamienia jedną klasę ograniczeń na inną.

Ta zasada pozwala precyzyjniej zrozumieć pojęcie "buforowania środowiskowego". Człowiek potrafi zmniejszyć bezpośrednią zależność od temperatury, sezonowości czy lokalnej podaży żywności, lecz osiąga to kosztem wzrostu zależności od infrastruktury energetycznej, transportowej, informacyjnej i instytucjonalnej. Mieszkaniec metropolii może być fizjologicznie mniej podatny na kaprysy pogody niż łowca-zbieracz, jednak jego przeżycie zależy od sieci energetycznych, wodociągów, łańcuchów dostaw czy systemu ochrony zdrowia. Z biologicznego punktu widzenia jest to zamiana zależności ekologicznej na **zależność systemową**.

Nie sposób zatem przeciwstawiać „natury” i „kultury” jako dwóch oddzielnych porządków. Kultura, choć jest produktem organizmów biologicznych, wytworzyła przyczynowo skuteczne struktury wykraczające poza pojedynczy organizm. Państwo, rynek, szkoła, język czy internet nie są genami, lecz zmieniają środowisko, w którym geny wywierają skutki fenotypowe i w którym ludzie podejmują decyzje reprodukcyjne. Przyczynowość społeczna nie redukuje się do sekwencji DNA, choć bez organizmów biologicznych nie mogłaby istnieć. Jest to przykład emergencji, strukturalnie podobny do wcześniejszych przejść omawianych przez autora książki.

Woda posiada właściwości niewyczerpywalne przez opis izolowanego wodoru i tlenu. Komórka cechuje się organizacją, której nie wyjaśni sama lista cząsteczek. Organizm wielokomórkowy przejawia własności nieobecne u pojedynczej komórki. Podobnie społeczeństwo posiada instytucje, normy i sieci, których nie można opisać jako sumy neuronów poszczególnych ludzi. W każdym z tych przypadków wyższy poziom nie łamie praw poziomu niższego, lecz wytwarza nowe regularności przyczynowe.

Człowiek jako świadomy konstruktor własnej ewolucji

Człowiek jest jednocześnie produktem i producentem swojego środowiska. Jego ciało zostało ukształtowane przez atmosferę, klimat, roślinność, patogeny i pokarm; później to samo ciało wytworzyło narzędzia, ogień, mowę i instytucje. Narzędzia zmieniły dostęp do pożywienia, a ogień przekształcił jego fizyczne właściwości. Język przyspieszył transmisję wiedzy, rolnictwo odmieniło krajobraz i dietę, a miasta wpłynęły na epidemiologię. Medycyna zmieniła przeżywalność, internet przepływ informacji, zaś inżynieria genetyczna zaczyna przesuwać granicę między dziedziczoną historią a projektowaną interwencją. W tej sekwencji nie ma momentu, w którym biologia kończy się, a zaczyna kultura – istnieją jedynie kolejne poziomy sprzężenia.

Autor książki słusznie traktuje kulturę jako czynnik redefiniujący ludzką adaptację, jednak wymaga korekty w miejscu, gdzie sugeruje liniowe przesunięcie od biologii ku technologii. Technologia nie zastąpiła biologii; powstał raczej system współzależności, w którym zmiana kulturowa może osłabiać jedną presję genetyczną, tworząc jednocześnie inną. Może ratować życie, a zarazem selekcjonować patogeny; zwiększać dostępność kalorii, generując choroby nadmiaru; chronić przed zimnem, wpływając na klimat.

Z tej perspektywy wyjątkowość człowieka nie polega przede wszystkim na posiadaniu „najlepszego” mózgu, dłoni czy technologii. Polega ona na skali, w jakiej organizm zaczął tworzyć dziedziczone środowisko innych istot, w tym własnych potomków. Jest to szczególna forma sprawczości ewolucyjnej: nie świadome sterowanie całym procesem, lecz świadome kreowanie warunków,

których nieprzewidziane skutki podlegają następnie zwykłym prawom biologii. Najbardziej doniosłe pytanie przyszłości nie brzmi zatem, czy ewolucja człowieka się skończyła – nie skończyła się i nie istnieje biologiczny mechanizm, który mógłby ją zakończyć.

Pytanie brzmi: jaka część naszego przyszłego środowiska selekcyjnego będzie efektem procesów niezależnych od człowieka, a jaka — ubocznym lub zamierzonym rezultatem naszych własnych instytucji, technologii i decyzji?

Historia zatacza wyjątkowo szeroki łuk. Mikroskopijny ząb wydobyty ze skały był śladem przeszłości, której jego właściciel nie mógł znać. Później okazało się, że atomy naszego ciała są starsze od Ziemi, rytmy komórkowe są dostrojone do astronomicznej periodyczności, fizjologia zależy od atmosfery zmienionej przez pradawne mikroorganizmy, anatomia została ukształtowana przez ruch, grawitację i ewolucyjny kompromis, a genom jest zapisaną statystycznie historią migracji, diety, patogenów i kultury. Teraz pojawia się jakościowo nowa sytuacja: jeden z produktów tej historii zaczyna odczytywać własne archiwum i ingerować w mechanizmy, które je wytworzyły. Warto wrócić do najgłębszej tezy wywodu — do „czasu jako innowatora". Należy tutaj oddzielić poetycką wartość tej formuły od jej ścisłego znaczenia naukowego.

Czas sam nie mutuje genów, nie wypiętrza gór, nie produkuje tlenu i nie projektuje mózgu. Pozwala jednak, aby skutki wcześniejszych procesów stawały się warunkami procesów późniejszych; by informacja była gromadzona, struktury przekształcane, funkcje przejmowane, katastrofy otwierały nowe przestrzenie ekologiczne, a kultura zaczęła modyfikować własne biologiczne antecedencje. W finalnej syntezie trzeba odpowiedzieć na pytanie najtrudniejsze: czy człowiek jest tylko najnowszą warstwą historii Wszechświata, czy też wraz z pojawieniem się wiedzy o tej historii powstała jakościowo nowa forma jej dalszego biegu — materia, która nie tylko podlega przeszłości, lecz potrafi ją rozpoznać, modelować i częściowo świadomie wpływać na to, co stanie się później.

> Czy jesteśmy jedynie kolejną warstwą w historii Wszechświata, czy może pierwszą formą materii, która zyskała zdolność do świadomego modelowania własnego przeznaczenia? To pytanie pozostawia nas w zawieszeniu między biologicznym determinizmem a technologiczną sprawczością. Być może największym paradoksem naszego gatunku jest to, że odczytując archiwum własnej ewolucji, zaczęliśmy pisać w nim rozdziały, których skutków nie potrafimy już przewidzieć.

Inspiracje

[1] 

"The Universe Within The Deep History of the Human Body" Neil Shubin

Vintage | ISBN: 9780307907868

Neil H. Shubin (ur. 22 grudnia 1960) jest amerykańskim paleontologiem, biologiem ewolucyjnym i popularyzatorem nauki. Pełni funkcję profesora biologii organizmów i anatomii im. Roberta R. Bensleya na Uniwersytecie Chicagowskim i jest związany z Field Museum of Natural History. Shubin uzyskał tytuł licencjata na Uniwersytecie Columbia, a doktorat z biologii organizmów i biologii ewolucyjnej na Uniwersytecie Harvarda w 1987 roku. Jest najbardziej znany ze współodkrycia Tiktaalik roseae w 2004 roku w kanadyjskiej Arktyce – kultowej skamieniałości przejściowej, która ilustruje ewolucyjne przejście od ryb do czworonogów z kończynami. Jego badania łączą genetykę rozwojową, anatomię porównawczą i paleontologię, aby zrozumieć główne przemiany w architekturze ciała i rozwoju kończyn kręgowców. Został wybrany do Narodowej Akademii Nauk w 2011 roku.

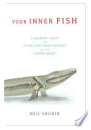
Neil H. Shubin (born December 22, 1960) is an American paleontologist, evolutionary biologist, and popular science communicator. He serves as the Robert R. Bensley Distinguished Service Professor of Organismal Biology and Anatomy at the University of Chicago and is associated with the Field Museum of Natural History. Shubin earned his bachelor's degree from Columbia University and his doctorate in organismic and evolutionary biology from Harvard University in 1987. He is best known for co-discovering Tiktaalik roseae in 2004 in the Canadian Arctic, an iconic transitional fossil that illustrates the evolutionary transition from fish to limbed tetrapods. His research integrates developmental genetics, comparative anatomy, and paleontology to understand major transitions in vertebrate body architecture and limb development. He was elected to the National Academy of Sciences in 2011.

University of Chicago

Literatura uzupełniająca

Książki

Książki autora i dzieła przywołane w tekście:



[1] "Your Inner Fish"

Neil Shubin

2008 | Vintage | ISBN: 9780307377166



[2] "Some Assembly Required"

Neil Shubin

2020 | Vintage | ISBN: 9781101871348



[3] "Ends of the Earth"

Neil Shubin

2025 | Simon and Schuster | ISBN: 9780861542871



[4] "Der Fisch in uns"

Neil Shubin

2015 | S. Fischer Verlag | ISBN: 9783104037073



[5] "Nasza wewnętrzna menażeria"

Neil Shubin

2009 | ISBN: 9788376480985



[6] "Tu pez interior"

Neil Shubin

2020 | Capitán Swing Libros | ISBN: 9788412219296

Książki autorów przywoływanych i literatura pokrewna:



[7] "Culture and the Evolutionary Process"

Robert Boyd, Peter J. Richerson

1988 | University of Chicago Press | ISBN: 9780226069333



[8] "The Origin and Evolution of Cultures"

Robert Boyd, Peter J. Richerson

2005 | Oxford University Press | ISBN: 9780195165241

[9] "Age-related change in adult chimpanzee social network integration"

Richard Wrangham



[10] "Catching Fire: How Cooking Made Us Human"

Richard Wrangham

Profile Books | ISBN: 9781847652102



[11] "On Human Nature"

Michel Tibayrenc, Francisco J. Ayala

2016 | Academic Press | ISBN: 9780127999159



[12] "International Development and the Human Environment"

Oi Committee International

1974 | Macmillan College



[13] "Culture, Disease, and Healing"

David Landy

1977 | New York : Macmillan



[14] "Congress of Arts and Science: Biology; anthropology; psychology; sociology. -v. 6. Medicine; technology. -v. 7. Economics; politics; jurisprudence; social science. -v. 8. Education; religion"

Howard Jason Rogers

1906

Artykuły naukowe

Prace autorów przywoływanych w tekście:

[1] "Understanding Niche Construction as an Evolutionary Process"

Kevin N. Laland, John Odling-Smee, Marcus W. Feldman

2019 | Evolutionary Causation | DOI: 10.7551/mitpress/11693.003.0008

Źródło

[2] "Niche Construction"

John Odling-Smee

2019 | Encyclopedia of Theoretical Ecology | DOI: 10.1525/9780520951785-087

Źródło

[3] "Niche construction earns its keep"

Kevin N. Laland, John Odling-Smee, Marcus W. Feldman

2000 | Behavioral and Brain Sciences | DOI: 10.1017/s0140525x0044241x

Źródło

[4] **"Niche construction, sources of selection and trait coevolution"**

Kevin Laland, John Odling-Smee, John Endler

2017 | Interface Focus | DOI: 10.1098/rsfs.2016.0147

Źródło

[5] **"Niche Construction: The Neglected Process in Evolution"**

F. John Odling-Smee, Kevin N. Laland, Marcus William Feldman

2003

Źródło

[6] **"Niche construction, biological evolution, and cultural change"**

Kevin N. Laland, John Odling-Smee, Marcus William Feldman

2000 | Behavioral and Brain Sciences | DOI: 10.1017/s0140525x00002417

Źródło

[7] **"How culture shaped the human genome: bringing genetics and the human sciences together"**

Kevin N. Laland, John Odling-Smee, Sean Myles

2010 | Nature Reviews Genetics | DOI: 10.1038/nrg2734

Źródło

[8] **"Towards a unified science of cultural evolution"**

Alex Mesoudi, Andrew Whiten, Kevin N. Laland

2006 | Behavioral and Brain Sciences | DOI: 10.1017/s0140525x06009083

Źródło

[9] **"The History and Geography of Human Genes"**

Luigi Luca Cavalli-Sforza, Paolo Menozzi, Alberto Piazza

2018 | Princeton University Press eBooks | DOI: 10.2307/j.ctv301gjp

Źródło

[10] **"Worldwide Human Relationships Inferred from Genome-Wide Patterns of Variation"**

Jun Z. Li, Devin M. Absher, Hua Tang, Audrey M. Southwick, Amanda M. Casto, Luigi Luca Cavalli-Sforza

2008 | Science | DOI: 10.1126/science.1153717

Źródło

[11] **"High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites"**

Anne M. Bowcock, Andrés Ruiz-Linares, James Tomfohrde, Eric Minch, Judith R. Kidd, Luigi Luca Cavalli-Sforza

1994 | Nature | DOI: 10.1038/368455a0

Źródło

[12] **"The Genetics of Human Populations."**

M. G. Bulmer, Luigi Luca Cavalli-Sforza, Walter Fred Bodmer

1972 | Journal of the Royal Statistical Society Series A (General) | DOI: 10.2307/2344702

Źródło

[13] **"Culture and the Evolutionary Process"**

James R. Griesemer, Robert T. Boyd, Peter J. Richerson

1986 | Ornithological Applications | DOI: 10.2307/1367778

Źródło

[14] **"The evolution of altruistic punishment"**

Robert T. Boyd, Herbert M. Gintis, Samuel Bowles, Peter J. Richerson

2003 | Proceedings of the National Academy of Sciences | DOI: 10.1073/pnas.0630443100

Źródło

[15] **"Punishment allows the evolution of cooperation (or anything else) in sizable groups"**

Robert T. Boyd, Peter J. Richerson

1992 | Ethology and Sociobiology | DOI: 10.1016/0162-3095(92)90032-y

Źródło

[16] **"Foundations of Human Sociality"**

Joseph Henrich, Robert T. Boyd, Samuel Bowles, Colin F. Camerer, Ernst Fehr

2004 | Oxford University Press eBooks | DOI: 10.1093/0199262055.001.0001

Źródło

[17] **"The cultural niche: Why social learning is essential for human adaptation"**

Robert T. Boyd, Peter J. Richerson, Joseph Henrich

2011 | Proceedings of the National Academy of Sciences | DOI: 10.1073/pnas.1100290108

Źródło

[18] **"Life-History Tactics: A Review of the Ideas"**

Stephen C. Stearns

1976 | The Quarterly Review of Biology | DOI: 10.1086/409052

Źródło

[19] **"Trade-Offs in Life-History Evolution"**

Stephen C. Stearns

1989 | Functional Ecology | DOI: 10.2307/2389364

Źródło

[20] **"The Evolution Of Life Histories"**

Stephen C. Stearns

1998 | DOI: 10.1093/oso/9780198577416.001.0001

Źródło

[21] **"THE EVOLUTION OF PHENOTYPIC PLASTICITY IN LIFE-HISTORY TRAITS: PREDICTIONS OF REACTION NORMS FOR AGE AND SIZE AT MATURITY"**

Stephen C. Stearns, Jacob C. Koella

1986 | Evolution | DOI: 10.1111/j.1558-5646.1986.tb00560.x

Źródło

[22] **"The transition from might to right: male-male conflict and the evolution of Homo duplex"**

Richard Wrangham

2023 | Moral Normativity in an Interdisciplinary Perspective | DOI: 10.5771/9783495994290-11

Źródło

Treść tworzy Fundacja Dobre Państwo.
Redaguje i publikuje APA ONE, autorski system redakcyjny Fundacji oparty na AI.
APA ONE Publishing System
Fundacja Dobre Państwo © 2026
Article ID: 33d684a4-b836-4e68-8315-53c162dde68b