



Poszerzyć nauczanie biologii

MIECZYSLAW CHORAŻY

Wszystko, co istnieje w poznanym dotychczas świecie, zbudowane jest z tych samych elementów fizycznych – atomów – wspólnych dla organizmów żywych i materii nieożywionej. Teza o powstaniu zjawiska życia poprzez jednorazowy akt twórczy nie jest akceptowana przez fizykę. Sądymy, że życie od około 4 miliardów lat rozwijało się z atomów poprzez formowanie, a następnie przez interakcje prostych cząsteczek chemicznych i makrocząsteczek. W procesie ewolucji powstawało coraz więcej „części”, a relacje między nimi stawały się coraz bardziej złożone. W wyniku tych procesów powstały *złożone systemy biologiczne*.

Organizmy żywe są zorganizowane według *hierarchicznego* porządku. Idąc „od dołu”, czyli od najniższego poziomu, możemy odczytać następujący porządek hierarchiczny żywych organizmów wielokomórkowych: siły i cząstki subatomowe → atomy → cząsteczki chemiczne → sieci molekularne → komórki → narządy → organizmy → populacje organizmów → ekosystemy. Wyższy poziom ogranicza i „zniewala” poziom niższy. Wyższe poziomy hierarchicznego porządku mają nowe emergentne struktury i funkcje niewystępujące na poziomie niższym, dlatego też wyższe poziomy systemów złożonych nie mogą być w pełni *redukowalne* do poziomów niższych i ich części. Właściwości wyższych poziomów w systemach złożonych nie są w pełni przewidywalne, dlatego np. właściwości fenotypowe nie mogą być bezkrytycznie *dedukowane* na podstawie właściwości genotypowych.

Biologia ostatniego półwiecza interesowała się zasadniczo kwestią, z jakich cząsteczek chemicznych zbudowana jest komórka jako podstawowy element żywy, co po odkryciu struktury i funkcji DNA przed 62 laty doprowadziło do *genocentryzmu*, a następnie sprzyjało formułowaniu często bardzo uproszczonych poglądów na fenomen życia, na formę i funkcję żywych organizmów, w tym także człowieka. Paradoksalnie, badając fenomen życia metodą *redukcjonistyczną*, w pierwszej kolejności najczęściej niszczyliśmy zjawisko życia, bo zabijamy komórki, rozcierając je na homogenną masę.

Sądzono, że pełna analiza sekwencji ludzkiego DNA (Human Genome Project) pozwoli odkryć geny, które są przyczyną chorób, co z kolei ułatwi diagnostykę i leczenie. Okazało się jednak, że tylko w niewielu chorobach można prześledzić prosty, przyczynowy związek z pojedynczym genem. Większość chorób ma przyczynę wieloczynnikową, a w ich patogenezie mają swój udział liczne uszkodzenia genetyczne, molekularne zaburzenia regulacyjne, środowisko, czynniki epigenetyczne itd.

Gromadzenie wiedzy o złożoności i hierarchicznej organizacji organizmów żywych, o zjawisku emergencji i roli inte-

rakcji cząsteczek chemicznych na podstawowym poziomie hierarchicznym, oraz konieczność szerszego i całościowego spojrzenia na zjawisko życia znalazły wyraz w powstaniu nowego działu biologii – *biologii systemów*. Biologia systemów twierdzi, że istota życia nie tkwi ani w cząsteczkach DNA, ani w białkach lub w innych makromolekułach, lecz we *współdziałaniu* oraz *interakcji* między nimi. Systemy, w których przebiegają wszelkie procesy biologiczne, są dynamiczne, plastyczne, wykazują oporność, ale i zdolności adaptacyjne, są wieloskalowe. Systemy biologiczne są zdolne do przechowywania i przekształcania informacji. Wraz ze wzrostem złożoności pojawiają się nowe struktury i właściwości zwane *emergentami*, których nie ma w częściach układu. Złożoność nie jest prostym sumowaniem części, a interakcje między nimi nie są liniowe – to znaczy, że między przyczyną a skutkiem nie ma zależności proporcjonalnej. Relacje między składnikami systemu opisywane są przez złożone algorytmy, są zwykle cykliczne i obfitują w sprzężenia zwrotne i redundantne kontrole dające odpór presji środowiska. Kanoniczna reguła wynikająca z podejścia redukcjonistycznego głosi, że *przyczynowość sprawcza* biegnie w kierunku „dół → góra”, to znaczy od poziomu bazalnego (gdzie „dokonuje się cała praca”) do poziomów wyższych. Przyczynowość sprawcza działa również w kierunku „góra → dół”, a także w obrębie samych poziomów hierarchicznych.

Nauka, w ostatnich paru dekadach, przypisuje zasadnicze znaczenie zjawisku *samoorganizacji* jako podstawowemu procesowi w powstaniu i ewolucji życia. Samoorganizacja występuje na różnych poziomach hierarchicznych i jest uważana za podstawowy czynnik w powstawaniu złożoności. Zjawisko *samoorganizacji*, powszechne w przyrodzie (np. skomplikowane struktury w komórce, insekty socjalne, ławice ryb itp.), jest badane i wykorzystywane w praktyce (nanotechnologie) przez człowieka. W tych przykładowych systemach nie działa żaden centralny czynnik lub ośrodek sterujący. Ośrodki takie są liczne, rozproszone po układzie, a ich działanie ujawnia się skoro tylko system znajdzie się w odpowiednich warunkach. Proces samoorganizacji zachodzi bez instrukcji od bodźca zewnętrznego i bez odniesienia do globalnego wzoru. Na poziomie molekularnym są to cząsteczki chemiczne, które oddziałują między sobą poprzez słabe wiązania chemiczne. *Samoorganizacja* jest spontanicznym tworzeniem ogólnego, spójnego porządku, który wyłania się (emergencja) z lokalnych informacji i interakcji między komponentami niższego poziomu. Samoorganizacja generuje niezwykłą kreatywność przyrody.

Na poziomie cząsteczkowym system biologiczny przedstawia niezwykle *złożoną sieć*, której strukturę i zależności funkcjonalne najlepiej ilustrują *grafy*. Wieloletnie badania

► z użyciem wielu wyrafinowanych metod pozwoliły na poznanie interakcji między tysiącami biologicznych cząsteczek i makrocząsteczek i zbudowanie ogromnych baz danych. Najwcześniejsze dane i pierwowzory sieci uzyskano w wyniku badań nad reakcjami metabolicznymi w organizmach żywych.

Do znalezienia praw i reguł rządzących takimi złożonymi systemami włączono różne nauki, zwłaszcza matematykę, bioinformatykę oraz komputery wielkiej wydajności. Budowane są modele ilustrujące strukturę i funkcję sieci w rozmaitych warunkach. Modele te są następnie sprawdzane doświadczalnie. Obecnie poznane są już pewne prawidłowości w strukturze sieci, poznano podsieci oraz struktury i funkcje najczęściej spotykanych motywów, które spełniają podstawowe funkcje kontrolne.

Przed biologią stoi wielkie wyzwanie poznania złożoności zjawiska życia. Tymczasem w polskich programach studiów biologicznych i medycznych na zjawisko życia patrzy się stale jeszcze w sposób zawężony, a czasami bardzo uproszczony. Sądzę, że już najwyższy czas, by w programach nauczania znalazło się miejsce na dyskusję o elementach biologii systemów.

Dobrze się stało, że Wydział Matematyki Uniwersytetu Warszawskiego podjął się trudu zorganizowania zaawansowanych studiów stacjonarnych w zakresie bioinformatyki i biologii systemów. Pozwoli to na zasilenie naszych ośrodków naukowych badaczami, którzy zmierzają się w przyszłości z podstawowymi problemami nowego rozdziału w biologii.

MIECZYŚLAW CHORAŹY

Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie,
Oddział w Gliwicach

Jak oceniać dorobek naukowy osób pracujących w dużych zespołach badawczych?

TADEUSZ LESIAK

Proces tworzenia coraz bardziej złożonych kryteriów ocen dorobku naukowego i osiągnięć uczonych wykazuje, zwłaszcza w ostatnich latach, znaczną dynamikę. Jedną z jego cech jest dążenie do ujednoczenia kryteriów oceny, choćby w ramach poszczególnych dziedzin nauki. Tendencja ta dotyczy także fizyki, mimo że każda gałąź fizyki charakteryzuje się własną specyfiką prowadzenia badań oraz ich publikowania. Procedura dokonywania oceny powinna zatem, przynajmniej w pewnym stopniu, uwzględniać swoiste aspekty tematyki badań osoby podlegającej opiniowaniu. Jedną z form odpowiedzi na tę potrzebę jest list, opracowany w 2015 roku przez Europejski Komitet ds. Przyszłych Akceleratorów (ECFA – European Committee for Future Accelerators) oraz Sekcję Fizyki Wysokiej Energii Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (ECFA/HEPP-EPS – High Energy Particle Physics Board, European Physical Society). Nosi on tytuł „Memorandum on the Evaluation of Experimental Particle Physicists”. Jest dostępny na stronie internetowej: <http://cds.cern.ch/record/2014643?ln=en>.

Celem tego dokumentu jest zasugerowanie właściwych kryteriów opiniowania, a tym samym ułatwienie dokonania bardziej obiektywnej oceny dorobku naukowego i osiągnięć uczonych zajmujących się fizyką cząstek elementarnych. Najważniejsze myśli zawarte w liście zostaną omówione poniżej, w przekonaniu, iż tezy tego tekstu mogą być bardzo użyteczne dla licznego grona recenzentów, zwłaszcza tych, którzy nie mają bezpośrednich doświadczeń związanych z pracą w dużych zespołach badawczych.

Dokument ECFA/HEPP-EPS zwraca w pierwszym rzędzie uwagę na fakt, iż w ostatnich latach nastąpił bardzo silny wzrost liczebności zespołów naukowych, a tym samym – długości list autorów publikacji. Siłą rzeczy zatem, te ostatnie są sporządzane w porządku alfabetycznym według nazwisk autorów, bądź nawet według nazw laboratoriów wnoszących wkład do publikacji. Zjawisko to zaznacza się nie tylko w fizyce cząstek elementarnych, ale i w innych gałęziach fizyki, np. fizyce jądrowej oraz biofizyce i astronomii. Członkowie dużych zespołów badawczych są zatem najczęściej autorami bardzo dużej liczby prac opatrzonych niemal identyczną, długą listą autorów. Rodzi to naturalne kontrowersje w procesie opiniowania i niejednokrotnie stwarza trudności choćby przy porównywaniu dorobku naukowców z różnych dziedzin fizyki.

Dokument ECFA/HEPP-EPS przedstawia rekomendacje pozwalające na realistyczną ocenę dorobku fizyka cząstek elementarnych. Zalecenia te zostały podzielone na dwie kategorie. Pierwsza podaje informacje istotne dla recenzentów, zwłaszcza wywodzących się spoza fizyki cząstek elementarnych. Na omówieniu tych właśnie rekomendacji koncentruje się tekst tego artykułu. Druga część listu ECFA/HEP-EPS zawiera konkretne, szczegółowe uwagi, dotyczące sposobu przedstawiania informacji o własnym dorobku badawczym. Są one adresowane do osób pracujących w dużych zespołach badawczych.

Można się z nimi zapoznać szczegółowo w oryginalnym tekście tego dokumentu. ►

► Rozdział listu ECFA/HEPP-EPS, zawierający informacje dla osób dokonujących oceny dorobku naukowego fizyków cząstek elementarnych, koncentruje się przede wszystkim na sprawie oceny publikacji wieloautorskich. W dokumencie zwrócono uwagę, iż oprócz powyżej przedstawionych uwarunkowań, publikacje te są rutynowo zamieszczane w wąskiej grupie wydawnictw o stosunkowo wysokim współczynniku IF (ang. *impact factor*), np. *Physics Reports*, *Physical Review D*. Te ostatnie nie należą jednak do grupy interdyscyplinarnych czasopism, takich jak *Science* czy *Nature*, cieszących się najwyższym uznaniem u recenzentów dorobku. Dodatkowo, sam proces przygotowywania współczesnego eksperymentu fizyki cząstek elementarnych rozciąga się niejednokrotnie na dekady. W związku z tym liczba publikacji osoby zaangażowanej w takie przedsięwzięcie może wykazywać ogromne fluktuacje (od „znikomego” dorobku w okresie przygotowań do ogromnego „wykwitu” liczby publikacji w fazie zbierania danych eksperymentalnych oraz ich analizy). Z tych powodów automatyczne stosowanie scjencjometrii opartej na takich parametrach jak liczba publikacji, liczba cytowań, indeks Hirscha albo współczynnik IF, może być bardzo mylące, a niejednokrotnie wręcz mijać się z celem. Osoby oceniające dorobek naukowy powinny raczej skoncentrować się na ocenie roli kandydata w podanym przez niego zbiorze kilku wiodących publikacji. Dla każdej z tych prac należy ustalić wkład, jaki kandydat wniósł w jej powstanie. Pomocna może tu być zarówno informacja podana przez kandydata, jak i ustalenie, czy osoba podlegająca ocenie referowała tezy publikacji na forum macierzystego zespołu badawczego, czy jest autorem wewnętrznych not dotyczących tej pracy, czy służyła jako osoba wyznaczona do kontaktu z recenzentami wydawnictwa itp.

W procesie oceny dorobku kandydata na osobne omówienie zasługuje także ocena roli odgrywanej przez ocenianą osobę w macierzystym zespole badawczym. Współczesne zespoły naukowe fizyki cząstek elementarnych charakteryzują się wyraźnie zarysowaną strukturą hierarchiczną grup (i podgrup) roboczych, zajmujących się ściśle określoną tematyką, np. zestawem powiązanych ze sobą tematycznie analiz fizycznych, pracami badawczo-rozwojowymi i/lub obsługą części aparatury, oprogramowaniem czy rozwojem systemu wyzwalania. Kierowanie takim zespołem powierza się wyłącznie osobom, które wykazały się niezbędną wiedzą i aktywnością w danej tematyce. Ocena powinna także uwzględniać pełnienie przez kandydata wszelkich innych funkcji pochodzących z wyboru, np. przewodniczącego rady zespołu badawczego, osoby zarządzającej procesem zbierania danych czy też wyborem reprezentantów zespołu badawczego w wystąpieniach na międzynarodowych konferencjach. Wyrazem docenienia dorobku indywidualnego badacza

jest także wyznaczenie go do referowania wyników prac danej (pod)grupy podczas plenarnych zebrań macierzystego zespołu badawczego. W każdym z powyżej wspomnianych przypadków należy pamiętać o obecności niezwykle silnej konkurencji, wynikającej z samych rozmiarów zespołu badawczego.

Bardzo istotnym kryterium oceny dorobku osoby pracującej w dużym międzynarodowym zespole badawczym powinna być jej aktywność w reprezentowaniu macierzystego zespołu poprzez wygłaszanie referatów na konferencjach naukowych. Powierzenie tej roli kandydatowi jest każdorazowo skutkiem merytorycznej i na ogół ostrej selekcji, dokonywanej przez stosowny komitet, działający wewnątrz zespołu badawczego. Przedmiotem oceny powinna być także ranga konferencji, forma referatu (np. plenarny lub w sesji równoległej), a także znaczenie prezentowanych wyników. Inną formę docenienia dorobku ocenianej osoby stanowi zapraszanie jej do wygłaszania seminariów naukowych w innych instytucjach badawczych, czy też otrzymanie przez nią nagród, przyznawanych przez różne gremia naukowe. Warto tu odnotować fakt, iż duże zespoły badawcze stosują formułę dorocznych prestiżowych nagród, np. za najlepszą pracę doktorską lub w uznaniu dla znaczącego wkładu w prace techniczne. Ocena powinna także uwzględniać fakt uczestnictwa kandydata w międzynarodowych komitetach doradczych, zrzeszających osoby o uznanym autorytecie i pochodzące z wyboru. Istotnym źródłem informacji o ocenianej osobie mogą być także listy polecające. Zwyczajowo są one sporządzane przez osobę kierującą dużym zespołem badawczym, co nadaje im stosunkowo wysoką rangę. Jednakże niejednokrotnie najbardziej cenne fakty, przydatne do oceny indywidualnego dorobku kandydata, można znaleźć w liście sporządzonym przez kierownika stosownej grupy roboczej.

Rekomendacje zawarte w liście ECFA/HEPP-EPS są starannie wyważone i stanowią syntezę przemyśleń grona ekspertów z dziedziny fizyki cząstek elementarnych. Ich uwzględnianie na polskim „podwórku” w szeroko rozumianym procesie oceny osób należących do grona badaczy pracujących w dużych zespołach naukowych byłoby zatem bardzo pożądane. Rozpowszechnienie dokumentu ECFA/HEPP-EPS wśród Rad Wydziału, Rad Naukowych i różnorodnych komisji awansowych oraz umieszczenie przez Centralną Komisję ds. Stopni i Tytułów na swojej stronie internetowej polskiej wersji instrukcji dla recenzentów doktoratów, habilitacji i postępowań profesorskich, uwzględniającej ww. dokument, z pewnością odegrałoby pozytywną rolę w procesach opiniowania dorobku naukowców z dużych zespołów badawczych.

TADEUSZ LESIAK

Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie
w imieniu Konsorcjum „Polska Fizyka Cząstek”

PAUza Akademicka – www.pauza.krakow.pl – tygodnik Polskiej Akademii Umiejętności i środowiska naukowego.

Rada Redakcyjna: Magdalena Bajer, Andrzej Białas, Aleksander Koj, Janusz Limon, Ewa Lipska, Stanisław Rodziński, Piotr Sztompka, Jerzy Vetulani, Marta Wyka, Jerzy Wyzozumski, Jakub Zakrzewski, Franciszek Ziejka.

Redakcja: Andrzej Białas – redaktor naczelny; Andrzej Kobos, Marian Nowy – redaktorzy; Adam Korpak, Krzysztof Skórczewski – grafika; Ryszard Otręba – „Galeria PAUzy”; Anna Michalewicz – dyrektor administracyjny; Witold Brzoskowski, Monika Mentel – fotostład; Wydawnictwo PAU – konsultacje.

Adres do korespondencji: Polska Akademia Umiejętności, 31–016 Kraków, ul. Sławkowska 17; e-mail: pauza@pau.krakow.pl

Oczekujemy na artykuły do 6 000 znaków (ze spacjami) i ilustracje w formacie JPEG o rozdzielczości 300 dpi.

Galeria PAUzy



Józef Marek, urodzony w Bielsku-Białej w 1922 roku, rzeźbiarz, malarz, poeta. Studiował w Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie, w pracowni rzeźby profesora Xawerego Dunikowskiego, dyplom w 1952 roku. Od 1986 profesor zwyczajny macierzystej uczelni. Brał udział w kilkuset wystawach sztuki polskiej w kraju i za granicą. Uczestniczył w licznych konkursach na projekty rzeźb i pomników. Członek grup artystycznych MARG (malarze, architekci, rzeźbiarze, graficy) oraz Art International. Jest członkiem Związku Polskich Artystów Plastyków. W latach 1952–1989 pełnił funkcję rzeczoznawcy Ministerstwa Kultury i Sztuki do spraw rzeźby.

W latach 1961–1971 prowadził zajęcia dydaktyczne na Wydziale Architektury Politechniki Krakowskiej oraz na Wydziale Form Przemysłowych Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie w latach 1965–1969. W latach 1971–1986 na Wydziale Architektury Wnętrz ASP w Krakowie.



Głowa, 2007 (gips) wysokość 41 cm, fot. autora: A. Pawluczuk