

może być modyfikowane przez organizację życia populacji (np. obrona stadna zamiast ucieczki).

Tak więc wszelkie oddziaływania na elementy populacji — osobniki — mogą być modyfikowane przez organizację życia integronu jakim jest populacja. Im silniej jest zintegrowana populacja, tym silniejsze jest modyfikowanie działania czynników zewnętrznych w stosunku do populacji. W krańcowych wypadkach, jak np. u wielu ssaków i ptaków lub owadów socjalnych, głównym mechanizmem homeostazy może być samoregulacja.

Na zakończenie pragnę ustosunkować się do punktu drugiego wniosków końcowych. Rola ekologiczna populacji zależy od wpływu, jaki ta populacja wywiera na niższe piętro troficzne, od tego ile „jako ofiara” może oferować piętru wyższemu i od zmian jakie wywołuje w środowisku. Te wszystkie procesy oczywiście zależą od dynamiki liczebności i produktywności populacji. Poznanie tych procesów pozostanie głównym celem badań populacyjnych. Natomiast poznanie procesu sterowania może być doskonałym narzędziem i może pozwolić nieporównanie głębiej poznać i zrozumieć dynamikę populacji. Może pozwolić — jeśli nauczymy się badać procesy sterowania i regulacji. O ile dzięki badaniom produkcyjnym mamy jako takie wyobrażenie o procesach zasilania, to nie znam jak dotąd pracy terenowej, która ujmowałaby ilościowo procesy sterowania.

Trojan P. 1975 — Ekologia ogólna — PWN, Warszawa, 419 pp.

KAZIMIERZ TARWID (Dziekanów Leśny k. Warszawy): POPULACYJNY UKŁAD EKOLOGICZNY JAKO SYSTEM CYBERNETYCZNY. Jak z tytułu niniejszego tekstu wynika, chcę odróżnić dwa pojęcia: „system cybernetyczny” i „układ ekologiczny”. Istotność takiego rozróżnienia wyniknie z dalszych wywodów. Wyeksponowanie zaś tego od razu w tytule wydaje mi się pożyteczne dla ewentualnej dalszej dyskusji.

Modelowanie matematyczne różnorodnych układów ekologicznych jest, jak wiadomo, intensywnie obecnie rozwijane. Na tle aktualnych poczynąń w tej materii bardzo na czasie jest studium Andrzejewskiego. A to z kilku względów. Po pierwsze, wśród różnorodnych prób modelowania matematycznego populacji, ta wyróżnia się bardzo dużym bogactwem i różnorodnością elementów składających się na zbiór interpretowanych zjawisk. Ma ona charakter pełnego studium podsumowującego wieloletni dorobek badaczy, ujęty oczywiście pod kątem określonego stanowiska teoretycznego. Tym samym stanowi dobry materiał do twórczej dyskusji. Jest wielką szkoda, że dla tzw. „szkoły warszawskiej” przychodzi on tak późno w swej pełnej postaci. Drugim względem, dla którego to studium, jak sądzę, jest na czasie, to jego „postać cybernetyczna”. Cybernetyka ma tendencję do jakiegoś „całościowania” swych modeli (przynajmniej w swej najczęściej spotykanej postaci). Ustawia to dyskusję o teorii populacji od razu in medias res kluczowych sporów. Cybernetyka ma jeszcze jedną bardzo aktualną dla tej dyskusji właściwość. Z istoty rzeczy jako konsekwencję swych modeli narzuca porządkowanie zbioru elementów składowych według jakichś (założonych niestety) różnicowań. Zmusza także do konsekwentnego rozmiesz-

czenia ich w sieci powiązanych ze sobą elementów. Automatycznie pociąga to za sobą interpretację populacji jako układu strukturalnego. Podnoszenie ważności strukturalizmu jest na czasie dla rozpatrywanej jednostki ekologicznej. Wciąż jest to za słabo reprezentowane we współcześnie podejmowanych badaniach, właśnie w dobie akcentowania roli struktur cybernetycznych w układach ekosystemalnych, gdzie dla wygody i prostoty modeli najłatwiej traktować populacje jako zbiory elementów (osobników) bądź co bądź podobnych.

Dyskusja z tak obszerną rozprawą rozrasta się od razu do dużych rozmiarów. Nie potrafiłem jej streścić do postaci wystarczająco szczupłej, leżącej w ramach możliwości czasopisma. Poprzestaję więc w tej fazie dyskusji na kilku generaliach. Sądzę, że na czasie byłoby rozróżnienie dwóch spraw: 1) Przydatności stosowanej tu techniki modelowania matematycznego, 2) Rozważenie właściwości populacji, która została objęta modelowaniem według schematów Andrzejewskiego.

U w a g i o c y b e r n e t y c z n y m m o d e l o w a n i u u k ł a d u p o p u l a c y j n e g o. Od dziesiątków lat jedną z najbardziej fascynujących ekologów technik podejścia do gromadzonych materiałów jest niewątpliwie matematyczne ich modelowanie. Ta technika postępowania dostarczyła nam wielu emocji; była i jest źródłem różnorodnych nadziei. Niestety, nadziei w małym stopniu spełnianych. Nie stała się ona dotychczas tym, czym jest przecież dla fizyki czy chemii fizycznej: motorem postępu teorii. Od lat wciąż sprowadza się tylko do postaci jakiegoś ornamentu teorii. Wyjątki są nieliczne. Jeden z nich: genetyka populacyjna ujawnia, jak to sobie wyobrażam, jedną z podstawowych przyczyn takiego stanu rzeczy (obok oczywiście chętnie w dyskusjach podnoszonej sprawy: wielkiej komplikacji zjawisk biologicznych). Otóż dobrze zdefiniowana zasada umożliwiła owocne stosowanie narzędzia matematyki. Być może, pod tak kategorycznie wypowiedzianym twierdzeniem leży nieco przesady, ale na pewno coś istotnego tu się kryje. Gdy przeglądam wiele różnorodnych modeli matematycznych, widzę stawianie przez matematykę zbyt wysokich wymagań naszej nauce. Modelowanie cybernetyczne może mogłoby w jakimś stopniu zacząć spełniać już dzisiaj rolę płodnego motoru postępu pracy teoretyków ekologii. Czy tę rolę spełni teraz? Mój własny entuzjazm do matematyki i do modelowania utrudnia swobodne formułowanie pozytywnej odpowiedzi.

Całą sprawę można rozważać z dwóch różnych perspektyw. Jedna, to perspektywa wynikająca ze specyfiki stosowanego narzędzia. Może to być perspektywa matematyka; osobiście nie czuję się powołany do podejmowania tu i w tym momencie dyskusji na tej płaszczyźnie, i chyba propozycje Andrzejewskiego w obecnym etapie nie wymagają jeszcze takiej dyskusji. Co innego druga perspektywa: z pozycji biologa. Tu chciałbym wymienić parę uwag; niekoniecznie odkrywczych, może nawet banalnych, ale chyba potrzebnych. Wymienienie ich uważam za pożyteczne, biorąc pod uwagę nadzieje kryjące się często pod różnymi poczynaniami i wypowiedzianymi komentarzami wielu ekologów. A więc:

1) Skoro nie jest możliwe pełne i całkowite zmodelowanie układu ekologicznego (więc i populacji), skazani jesteśmy na modelowanie fragmentów: wybranych procesów, wybranych stanów, czy sytuacji. To, że nie możemy zmodelować wszystkich naraz właściwości układu wynika z kilku przesłanek. Pierwsza — pryncypialna. Model, który by odtwarzał wszystkie właściwości pierwowzoru, stałby się jego duplikatem. Stwo-

rzenie modelu odtwarzającego pełny zestaw właściwości układu przy wykorzystaniu środków niebiologicznych, bez udziału specyficznej materii budującej, byłoby czymś w rodzaju cudu. Wykorzystanie odnośnej materii stworzyłoby nie model, a sobowtór. Druga przysłanka: do stworzenia pełnego modelu potrzebna jest pełna wiedza o modelowanym pierwowzorze. Musiałby to być układ tak dalece znany, że niemożliwe już byłoby dalsze pogłębianie wiedzy o nim.

Obie przesłanki, jak sądzę, grzebią nadzieję pełnego zmodelowania populacji zarówno dziś, jak i kiedykolwiek w przyszłości. Będziemy modelować tylko wybrane procesy w wybranych sytuacjach, wybrane aspekty funkcjonowania układu. Będziemy musieli tworzyć wiele modeli opisujących (ewentualnie ujmujących przyczynowo) różne aspekty życia populacji — zawsze tylko fragmenty.

2) Skoro godzimy się na modelowanie tylko wybranych aspektów życia populacji, to warto spytać: czy wszystkie badane elementy jej funkcjonowania, czy wszystkie jej właściwości będziemy modelować? Nie jestem tego pewien. Matematyk powiada, że owszem, wszystkie dobrze zdefiniowane sprawy muszą poddać się tej technice. Skąd się zatem biorą moje obiekcje? Z paru względów; na wstępie zacznę od uwagi historycznej. W przeszłości, przy niewystarczającym rozpoznaniu zjawisk, wiele pośpiesznie czy przedwcześnie ustalonych definicji, podporządkowując sobie dalszy rozwój wvobrażeń, hamowało prawidłowy rozwój nauki. Przykłady? Aż kilkadziesiąt lat trzeba było zużyć na dyskusję nad poglądem Harveya na rolę serca w organizmie (proponował traktować ten narząd jako motor pompujący krew). Inny przykład: Obiegowa definicja konkurencji, zbudowana w dziewiętnastowiecznym układzie pojęć, po dziś dzień hamuje skutecznie rozwój (postęp) badań nad tym zjawiskiem. Jeszcze inny przykład: Założenia Pearla potrzebne mu przy budowaniu modelu sinusoidalnego wzrostu populacji ciążą nad naszym myśleniem w dziedzinie rozwoju populacji, pomimo że dziś nie jest tak zupełnie pewne, czy wszystkie założenia leżące u podstaw modelu (zdawałoby się tak prostego!) są w pełni słuszne. Z wybranych trzech przykładów, dwa ostatnie są tylko na poły historyczne i na pewno prowokują (może irytują) wielu dzisiejszych badaczy. Im niech służy pierwszy przykład. Stawiając w ten sposób sprawę nie chcę bynajmniej powiedzieć, że trzeba uciekać od wczesnych uogólnień teoretycznych. Są one potrzebne i sam się do nich często uciekam. Jednak w naszych teoriach jest wiele miejsc, gdzie brak dostatecznego materiału do słusznych definicji. Ratowanie się przez nadmierne upraszczanie zjawisk może budzić wątpliwości. Odnośne modele — oczywiście też!

3) Nie tylko jednak do niedostatku wiedzy sprawę należy sprowadzać. W toku obserwacji nad funkcjonowaniem populacji napotykamy pewne szczególne niespodzianki. Nie w sensie odkrycia nowego zjawiska, ale napotykania zdarzeń, których przebiegu i lokalizacji w przestrzeni i czasie nie można przewidzieć. Przyczyny tego mogą być różne. Zajmował się nimi na przykład T. Park, który nie umiał przewidzieć wyniku konkurencji między dwoma gatunkami *Tribolium*. Indeterminizm w fizyce natchnął go do przyswojenia sobie pojęć z tej dziedziny. U nas pisał o tym w swoim czasie Petruszewicz. O ile wiem, rzecz zaniechano. Nie chcę tu wdawać się w próby rozstrzygnięcia filozoficznego aspektu tej sprawy. Chcę tylko podkreślić, że istnienie zjawisk ekologicznych o niepewnej powtarzalności jest faktem. Przyczyny bywają różne. Czy nie kryją się wśród nich takie, które z istoty rzeczy są poza zasięgiem mo-

delowania? Nie mogę tego wykluczyć, mimo że nie zgadzam się z poglądami Parka i Petruszewicza na indeterminizm w biologii (oczywiście z owymi poglądami sprzed dwudziestu lat).

Wśród wypowiedzianych uwag są zdania kontrowersyjne. Może pomogą w ustawieniu dyskusji. Są i stwierdzenia banalne, które należało tylko przypomnieć. Materiał zaprezentowany przez Andrzejewskiego jest w moim rozumieniu podstawą nie tyle do budowania jednego, generalnego modelu populacji, co raczej bazą do konstruowania modeli różnych procesów w populacji. Mogą istnieć modele dające się formować z pominięciem tych danych, np. model wynikający ze znanej monografii o „biologii populacji” Mc Arthura. Ale będą to już modele o ograniczonym zasięgu ważności.

Mimo wszystko, modelowanie populacji jest sprawą wtórną w stosunku do bardziej podstawowych spraw: teorii populacji.

Populacja jako układ ekologiczny. Jak wspomniano wyżej, nie sposób ująć w szczegółach wystarczająco treściwie komentarza do bogatego materiału dyskutowanego artykułu. Nasuwa on kilka uwag natury bardziej ogólnej oraz wysuwa na bliższy plan pewne problemy teoretyczne wymagające badania empirycznego. Zatrzymam się na tych sprawach.

1) Pojęcie układu ekologicznego jest natury na poły intuicyjnej. Nie próbowałbym go dziś ściślej definiować. Wiadomo bowiem, że z miejsca znalazłoby się tyle definicji, ilu jest badaczy tych spraw. Dyskusja zeszlaby z torów rozważania zjawisk przyrodniczych, więc faktów, na spory o sformułowania, więc jednak o słowa. Taki jest dzisiejszy stan wiedzy przedmiotowej w tej materii. W sposób luźniejszy spróbuję go określić przy pomocy materiału artykułu Andrzejewskiego. Jest układem populacyjnym jednostka ekologiczna dysponująca zbiorem właściwości tam wymienionych. Podkreślę istnienie mechanizmów zapewniających kierunkowość reakcji całości na bodźce zewnętrzne, mechanizmów decydujących o samosterowności, wreszcie mechanizmów podporządkowujących losy jednostek składowych (osobników) ich miejscu i roli w organizacji całości. Oczywiście nie jest to żadna definicja. Nie pozostawia miejsca np. na określenie, które z licznych wymienionych w artykule właściwości są konieczne dla utrzymania rangi układu. Wystarcza natomiast do ustalenia, że zbiór osobników nie jest układem zanim nie wykształci określonych cech, nie wykształci organizacji. Wynika stąd następna kwestia.

2) Rozwój układu. Z tego, co wyżej powiedziano konsekwentnie wynika konieczność istnienia zjawiska rozwoju populacji. Proces ten wymaga czasu. Nabywanie pewnych zdolności w miarę istnienia populacji obserwujemy w toku prowadzenia eksperymentów. Otwarta i wymagająca (pilnych chyba) badań sprawa kierunkowości rozwoju czeka na pogłębienie. Nad wyobraźnią przyrodnika ciąży uwarunkowanie obrazami embrionalnego rozwoju osobnika, który zachodzi jednokierunkowo (w warunkach normy środowiska rozwojowego). Potencjalna wielokierunkowość rozwoju populacji czeka na badania. Nie może to jednak oznaczać dowolności i chaosu. Nasza wiedza jest niedostateczna, a przydałaby się w dobie, kiedy człowiek coraz to nowe populacje gatunków stawia w sytuacjach innych niż te, w których bytowały dawniej. Tekst Andrzejewskiego zawiera materiał do ustawienia szerokiego frontu badań w tej materii, natomiast nie dostarcza jeszcze chyba zadowalającego ujęcia zjawiska. Artykuł sformułowny jest w kategoriach ogólnych: mowa jest

o populacjach w ogóle (niezależnie od licznych ilustracji na materiale drobnych gryzoni), a jest bardzo prawdopodobne, że systematyka będzie miała wiele do powiedzenia, podobnie jak w następnej kwestii.

3) Stopień ogólności opisu poszczególnych elementów organizacji populacji. Artykuł utrzymany jest w zasadzie w płaszczyźnie zjawisk ogólnych, jak powiedziano — populacji w ogóle. Autor znany jest jako badacz gryzoni. Większość przedstawianych właściwości mogą potwierdzić własnym materiałem (niepublikowanym) bezkręgowców, głównie owadów, nie ulega jednak kwestii, że skoro istnieją ogólne prawidłowości życia zbiorowego organizmów, to różne grupy systematyczne muszą je realizować rozmaicie, stosownie do swojej specyfiki. Bliższe poznanie tych prawidłowości, szczególnie dla form ważnych gospodarczo, jest sprawą istotną. Na marginesie warto może zauważyć, że z punktu widzenia ogólnej metodologii bezzasadne jest założenie, że życie zbiorowości organizmów żywych w odległych epokach geologicznych było analogicznie do dzisiejszego. Nie zatrzymuję się na konsekwencjach tego, co wyżej postulowano; za mało jest badań przedmiotowych.

4) Elementy modelowania, ustawionego na eksponowanie zasilania materiału i energią, mniej miejsca pozostawiają niektórym cechom układu słabiej związanym ze sprawą osiową modelu. Dwie interesujące kwestie są zasygnalizowane. Jedna, to doskonalenie przez populacje swego środowiska; druga, to podatność niektórych funkcji na trening. O treningu układów ekologicznych mówiłem na ostatnim zjeździe zoologów w Białymstoku. W układzie populacyjnym opisanym przez Andrzejewskiego rozbudowane i elastyczne urządzenia do transformacji i przekazywania informacji są wystarczające dla wzmagania intensywności reagowania na powtarzający się bodziec; do tego sprowadzałoby się to, co nazwano „treningiem”. Związek mechanizmów wymienionych przez Andrzejewskiego ze znanymi faktami podatności na trening wymagałby dodatkowej analizy; bezpośrednio z nich nie wynika.

Teoria populacji obecnie jest raczej w powijakach. Witając z dużym zadowoleniem artykuł Andrzejewskiego i licząc na dyskusję, podałem kilka uwag natury ogólnej. Wybrałem z większego materiału to, co można by już dziś dyskutować opierając się na faktach. Wolno spodziewać się dyskusji w kraju, gdzie zainicjowano interesujące badania nad populacjami.