

BIOMETRIA A ANTROPOLOGIA W POLSCE

Związki biometrii z antropologią mają dawną tradycję wywodzącą się z XIX wieku, kiedy to ówczesni antropolodzy rozpoczęli działania nad uściśleniem metod badawczych. Od pierwszego kroku, za jaki można przyjąć odkrycie Queteleta, iż rozmiar osobników wokół przeciętnego może być w grupie jednorodnej ujęty w postaci rozwinięcia dwumianu Newtona, poprzez fundamentalne prace Galtona w genetyce i prace biometryków angielskich, widoczne jest wzajemne oddziaływanie na siebie antropologów i biometryków. Jako przykład można podać prawo regresji Galtona wyrażone przez autera w postaci empirycznej linii regresji dotyczącej wysokości ciała ojców i synów. Na tej podstawie K. Pearson opracował współczynnik korelacji będący miernikiem związku dwóch cech pomiarowych, który to współczynnik stanowi obecnie jedno z podstawowych narzędzi pracy antropologów.

W Polsce to współdziałanie antropologów i biometryków jest szczególnie bliskie, do czego walcie przyczynił się Jan Czekanowski, którego dewizą życiową było przekształcenie antropologii w naukę ścisłą. Nie będę tu omawiał szerzej znaczenia prac Czekanowskiego, który będąc doskonałym antropologiem-syntetykiem, nie tylko znał i stosował metody biometryczne, lecz także był ich twórcą. Referat ma bowiem na celu przedstawienie wzajemnych związków antropologii i biometrii oraz pokazanie, jakie stąd korzyści odniosła nauka polska w okresie powojennym. Wspólne osiągnięcia antropologii i biometrii przedstawię omawiając problemy antropo-

logiczne, których rozwiązywanie inspirowało opracowanie metod biometrycznych, a te z kolei przyczyniały się do ściślejszego, a więc bliższego prawdy, rozwiązania problemów przyrodniczych.

W antropegenzie zasadnicze znaczenie ma określenie systematycznego stanowiska człowieka kopalnego. Pierwsze biometryczne rozwiązanie podał Czekanowski, który do porządkowania osobników opracował metodę diagramu opartego na tablicy różnicowej. Należy tu odnotować z przykrością, że metoda diagramu Czekanewskiego, znana z wielu publikacji, została w 1963 r. opisana w podręczniku Sokala i Sneatha "Principles of Numerical Taxonomy" bez podania nazwiska jej autora. Metoda diagramiczna nie jest zupełnie ścisła, co inspirowało biometryków wrocławskich do opracowania metody zwanej Taksonomią Wrocławską. Metoda ta daje najlepsze uporządkowanie osobników w sensie najkrótszego dendrytu ich odległości w wielowymiarowej przestrzeni. Metoda dendrytu była potem stosowana z powodzeniem w wielu dyscyplinach naukowych, nie tylko przyrodniczych.

Następne uściślenie metody Czekanowskiego podał F. Szczotka. Jest to metoda porządkowania oraz grupowania obiektów na podstawie tablicy ich odległości lub współczynników korelacji. Autor znalazł algorytm uporządkowania quasi-optymalnego tzn. takiego, którego nie można poprawić przez transpozycję dwóch obiektów. Podział na grupy uzyskuje się przez pocięcie tego uporządkowania na odcinki, podobnie jak to robi się w taksonomii wrocławskiej.

Powyższe metody taksonomiczne oparte są na ocenach odległości między osobnikami. M. Olekiewicz zaproponował

rozłożenie miernika odległości - średniego kwadratu różnic na trzy składniki, które są związane kolejno z różnicami między średnimi arytmetycznymi, z różnicami między standardowymi odchyleniami oraz z kowariancją. Powyższa propozycja pogłębienia analizy odległości między obiektami nie znalazła niestety szerszego zastosowania.

Klasycznym zagadnieniem taksonomicznym w antropologii jest badanie zróżnicowania systematycznego wewnątrz gatunku *Homo sapiens*. Zasadnicze pytanie dotyczy tego, czy w obrębie populacji ludzkiej występuje częstość skokowa pewnych zespołów cech uznawanych za taksonomiczne, gdyż tylko wtedy uzasadniona byłaby systematyka rasowa. Dla rozstrzygnięcia tego ważnego zagadnienia tworzono w antropologii polskiej różne metody, a między innymi metodę korelacji stochastycznej Wankego.

Jeżeli populacja składająca się z n osobników jest scharakteryzowana przy pomocy k cech taksonomicznych, to każdy osobnik może być traktowany jako punkt w k -wymiarowej przestrzeni. Tę przestrzeń można podzielić na kostki, stosując dowolny podział każdej cechy na kategorie. Dla każdej kostki oblicza się oczekiwaną liczbę osobników przy założeniu niezależności cech. Następnie porównuje się rzeczywiste liczebności osobników w kostkach z liczebnościami oczekiwanymi. Jeżeli w danej kostce stwierdzimy istotną nadwyżkę osobników (stwierdzoną na mocy testu chi-kwadrat) to wówczas oblicza się jeszcze tzw. nadwyżkę relatywną - jako procent odchylenia liczebności faktycznej od teoretycznej. Kostki mające największe nadwyżki relatywne wskazują na zasadzie korelacji stochastycznej zespoły tych kategorii cech, które można traktować jako jednostki syste-

matyczne. Tą metodą potwierdzono typologię Czekanowskiego, która wyróżnia w Polsce cztery główne typy antropologiczne: nordyczny, lapenoidalny, armenoidalny oraz śródziemnomorski. Ta sama metoda posłużyła Wankemu do wyróżnienia czterech typów budowy ciała, oznaczonych symbolami: A, H, I oraz V.

Traktując typy antropologiczne albo somatyczne jako wzorce można przy ich pomocy scharakteryzować populację metodą punktów odniesienia. Podobieństwo danego obiektu do typu scharakteryzowanego tym samym zespołem cech jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu ich odległości. Wielkości podobieństw normalizuje się tak, aby można je było wyrazić w odsetkach i wówczas są one traktowane w antropologii jako ilościowy skład typologiczny populacji. Obie metody Wankiego znalazły zastosowanie także poza antropologią, stanowią więc wkład do rozwoju biometrii.

Ważnym zadaniem w kranilogii jest ocena płci osobnika na podstawie charakterystyki jego czaszki. Stęślicka opracowała wskaźnik dymorfizmu płciowego, który określa przy pomocy jednej liczby średnie położenie każdego osobnika w przedziałach cech diagnostycznych. Wskaźnik ten nie jest tak precyzyjny jak funkcja dyskryminacyjna (co stwierdza sama autorka), lecz przy właściwym doborze cech diagnostycznych daje bardzo dobre rezultaty.

W badaniach nad zróżnicowaniem populacji wielkie znaczenie mają metody służące do oceny podobieństwa pomiędzy osobnikami. Do tego celu szeroko stosowano wskaźniki ilorazowe dwóch cech jak np. wskaźnik główny będący ilorazem szerokości i długości głowy. Jak to wykazał J. Perkal, wskaźniki ilorazowe dają porównanie osobników pod względem ich podobieństwa geometrycznego, podczas gdy podobieństwo przy-

rodnicze powinno być - zdaniem przyrodników - oceniane względem populacji. Zaproponował on mierzenie podobieństwa przyrodniczego na następującej zasadzie. W przestrzeni k -wymiarowej wyznaczony jest wektor W o składowych równych dyspersjom poszczególnych k cech w danej populacji. Dwa punkty indywidualne osobników przyrodniczo podobnych tworzą wektor równoległy do wektora W , a każda prosta równoległa do wektora W stanowi zbiór osobników przyrodniczo podobnych. Wskaźniki podobieństwa przyrodniczego oblicza się z cech znormalizowanych przez odejmowanie średniej wartości cech osobnika od wartości każdej cechy. Wskaźników jest więc tyle samo co cech wyjściowych. Metoda wskaźników przyrodniczych jest bardzo łatwa rachunkowo i prosta interpretacyjnie. Dała ona bardzo dobre wyniki np. w pracach H. Milicer, która po wprowadzeniu szeregu własnych modyfikacji przekształciła wskaźniki przyrodniczego podobieństwa w metodę opisu budowy ciała.

Zróznicowaniem dzieci i młodzieży pod względem cech rozwoju fizycznego interesują się nie tylko antropolodzy i pediatrzy. Z tego względu ważnym zadaniem antropologii jest opracowywanie tzw. norm rozwojowych. Pierwszą po wojnie propozycję metodologiczną w tej dziedzinie podali Nowakowski i Perkal. Zastąpili oni dwie tradycyjne cechy charakteryzujące rozwój dziecka: wysokość i ciężar ciała przez dwie cechy nowe zwane miernikami rozwoju i anomalii. Nowe mierniki są wyznaczane jako osi główne minimalnej elipsy zawierającej określony procent dzieci w ustalonym wieku na płaszczyźnie wyznaczonej przez wysokość i ciężar ciała. Na zasadzie elips opracowano następnie nomogram pozwalający ocenić stan zaawansowania rozwojowego dziecka

(na osi rozwoju) oraz stopień jego odchylenia od normy (na prestopadłej do niej osi anomalii). Nowe mierniki są niezależne od siebie i mają bardzo jasną interpretację biologiczną. Powyższa metoda była także stosowana do oceny sprawności fizycznej młodzieży (E. Ryba), a po modyfikacji także do łącznej oceny rozwoju fizyczno-sprawnościowego dzieci (Z. Welon). Na tej samej zasadzie współzależności między wysokością i ciężarem ciała rosnącego dziecka została oparta późniejsza metoda N. Wolańskiego.

Inną propozycję uściślenia norm rozwojowych podał Welon. Normy rozwojowe oparte na ocenie całej populacji rówieśników pod względem takich cech jak wysokość ciała dają dla dzieci zdeterminowanych genetycznie jako osobniki szczególnie małe (albo duże) oceny bardzo odbiegające od normy populacyjnej, co powoduje zaniepokojenie rodziców. Proponowana metoda polega na wyznaczaniu norm np. dla wysokości ciała dzieci przy ustalonej wysokości ciała ich rodziców (z rozkładu warunkowego). W ten sposób zostają oddzielone oceny zaawansowania rozwojowego od dziedzicznej wielkości dziecka, które występując łącznie w normie populacyjnej bardzo utrudniają prawidłową interpretację.

Ważnym zadaniem metodologicznym w ontogenezie człowieka jest obiektywizacja opisu budowy ciała. Do tego celu stosowane są szerokie różnorodne metody biometryczne jak: omówione wcześniej metody korelacji stochastycznej i wskaźników przyrodniczego podobieństwa, biometryczna modyfikacja metody Sheldona, a ostatnio - w związku z rozpowszechnieniem EMC analiza czynnikowa i metoda składowych głównych. Metoda składowych głównych okazała się bardzo przydatną w antropologii.

W serii analiz wykonanych w Zakładzie Antropologii PAN osiągnięto tą metodą bardzo interesujące wyniki w badaniu zmienności ciała, zarówno na materiałach przekrojowych jak i na materiałach longitudinalnych. Metoda ta zastosowana przez T. Bielickiego do analizy dojrzewania dziewcząt i chłopców z wrocławskich badań ciągłych dała w wyniku miernik ogólnej dojrzałości dziecka.

W ontogenezie szczególnie ważną rolę edgrywiają badania longitudinalne pozwalające śledzić procesy rozwojowe u określonych osobników. Do analizy indywidualnych linii rozwojowych poszczególnych cech uzyskanych na podstawie badań ciągłych stosowana jest metoda dopasowywania funkcji matematycznych takich jak funkcja wykładnicza, logistyczna czy Gompertza. Parametry funkcji służą jako charakterystyki rozwojowe osobników. Nową metodę parametryzacji indywidualnych linii rozwojowych opracował F. Szczotka. Polega ona na przedstawieniu empirycznej linii rozwojowej osobnika jako kombinacji liniowej kilku funkcji i parametrów charakteryzujących osobniki. Funkcje są wyznaczane na podstawie wyników badań całej grupy osób z macierzy kowariancji cech mierzonych w poszczególnych momentach czasu.

Główną zaletą tej metody jest to, iż funkcje opisujące krzywe rozwojowe są wyznaczane na podstawie danych empirycznych, a więc mogą lepiej opisywać zjawisko aniżeli funkcje zadane a priori. W praktyce wystarcza kilka funkcji do uzyskania dobrej aproksymacji krzywych empirycznych, a ponadto interpretacja biologiczna parametrów tych funkcji jest zwykle łatwa. Tak np. w badaniach nad procesami wzrastania dzieci oraz uczenia się zadań ruchowych okazało się, iż parametr pierwszy określa poziom procesu u danego osobnika, drugi - tempo tego procesu, a trzeci charakteryzuje końcową fazę procesu.

Bardzo silnie zbiometryzowaną dziedziną antropologii jest genetyka człowieka. Oceny stopnia odziedziczalności poszczególnych cech metrycznych i opisowych oraz genetycznej determinacji procesów wzrastania i dojrzewania, badanych na podstawie obserwacji i pomiarów, rodzin i bliźniąt opierają się głównie na metodzie analizy wariancji. Wiedza o dziedziczeniu różnych cech antropologicznych jest wykorzystywana w dochodzeniu ojcostwa. W tej dziedzinie opracowano wiele metod szczegółowych opartych na rachunku prawdopodobieństwa. Ciekawe wyniki osiągnęli Steinhaus i Łukaszewicz, którzy oparli ocenę prawdopodobieństwa ojcostwa na regule Bayesa, wykorzystując prawdopodobieństwo ojcostwa a priori, zwane przez L. Hirszfela współczynnikiem prawdomówności kobiet.

Przykładem bardzo owocnej współpracy antropologów i biometryków było wspólne rozwiązanie zagadnienia dopasowania rozmiarów konfekcji do wymiarów ciała w populacji polskiej. Powyższe zadanie wymagało rozwiązania wielu problemów metodologicznych, poczynając od określenia sposobu wyboru reprezentacji całej populacji kraju dla badań antropometrycznych, doboru cech pomiarowych dobrze opisujących budowę ciała, konstrukcji fantomów odzieżowych oraz rozmieszczenia tych fantomów w populacji w ten sposób, aby przy najmniejszej ich liczbie obsłużyć odpowiednio wysoki procent osób w populacji. Rozważano dwie drogi rozwiązania tego ostatniego problemu. J. Perkal proponował rozwiązanie w oparciu o wielowymiarowy rozkład normalny cech konstrukcyjnych fantomów. Należałoby wyznaczyć minimalną wielowymiarową elipsoidę obejmującą określony procent osobników i podzielić ją na żadaną liczbę wielościanów, których środki stanowiłyby fantomy. Założenie normalności rozkładu uwalniałoby od kłopotów wynikających z małych liczebności osobników w wielościanach będących na

na skrajach rozkładu w metodzie empirycznej. Metody tej nie zastosowano wówczas (1955-1957) głównie z powodu braku odpowiednich maszyn liczących. H. Steinhaus zaproponował oparcie konstrukcji fantomów odzieżowych na trzech cechach głównych (wysokości ciała i dwóch obwodach). Empiryczny rozkład trójwymiarowy dzieli się na wielościany (najlepiej dwunastościany rombów) według tolerancji krawieckich. W każdym takim wielościanie oblicza się średnie wartości cech krawieckich i na tej podstawie konstruuje się fantom. Powyższa metoda doprowadziła po wielu próbach i modyfikacjach do opracowania fantomów odzieżowych ujętych w odpowiedniej normie branżowej przemysłu odzieżowego. Obecnie prowadzone są prace w Zakładzie Antropologii PAN nad ulepszeniem rozwiązania, które nie zadawała obecnie przemysłu. Nowe rozwiązanie zostanie oparte na reprezentatywnej próbie obejmującej jeden promille populacji i opracowane przy pomocy maszyn liczących.

Oczekuje się zmniejszenia liczby fantomów o około 20% przy zachowaniu tych samych tolerancji krawieckich oraz obsłudze tej samej frakcji osób z populacji.

Metodę fantomów stosowane w antropologii wielokrotnie w dostosowywaniu do populacji różnych wyrobów jak np. eku-larów, rękawic, a szczególnie dobre wyniki osiągnięte w produkcji umundurewania i wyposażenia dla wojska.