

# Pojęcie afordancji strukturalnej

**Adrian Alsmith**

Centrum Badań nad Subiektywnością, University of Copenhagen, Dania  
asmith@hum.ku.dk

Przyjęto: 4 czerwca 2012; zaakceptowano: 20 listopada 2012; opublikowano online: 31 grudnia 2012.  
przekład: Przemysław Nowakowski

## Abstrakt

Przedstawiam analizę koncepcji „afordancji” umożliwiającej pojęcie „afordancji strukturalnej” jako rodzaju afordancyjnej relacji, która miałaby miejsce pomiędzy agentem a jego ciałem. Następnie dokonuję przeglądu badań nad ruchem ciała humanoidalnego, aby zidentyfikować empiryczną realność afordancji strukturalnej.

**Słowa kluczowe:** afordancji; psychologia ekologiczna; ucieleśnienie; ucieleśnione po-znanie; kontrola ruchowa.

Jednym z nowatorskich wkładów Gibsona do psychologii percepcji jest pojęcie afordancji. W artykule tym przedstawiam analizę tego pojęcia, która uczyni możliwym myślenie o pewnego rodzaju afordancyjnej relacji, która może utrzymywać się pomiędzy sprawcą a jego ciałem, a którą nazywam afordancją strukturalną. Po krótkiej charakterystyce tej drugiej zreferuję badania nad humanoidalnym ruchem ciała, by dostarczyć pewnych wskaźników empirycznej realności afordancji strukturalnych.

## Afordancje Gibsona

Oto pierwszy przykład afordancji przedstawiony przez Gibsona:

*Jeśli ziemską powierzchnia jest prawie pozioma (a nie pochyła), prawie płaska (a nie wypukła lub wklęsła) i wystarczająco rozległa (względem rozmiaru zwierzęcia), i jeśli jej substancja jest sztywna (względem wagi zwierzęcia), wtedy powierzchnia ta oferuje wsparcie (Gibson 1979/1986: 127).*

Status afordancji jest dość niejednoznaczny. Na pierwszym rzut oka, kiedy Gibson pisze, że powierzchnia oferuje wsparcie, sugeruje tym samym, że chce wyróżnić pewne własności otoczenia. Istotnie, kiedy sam wprowadza ten termin, pisze, że: „afordancje otoczenia są tym, co oferuje ono zwierzęciu” (Gibson 1979/1986: 127, wyróżnienie moje). Ale pisze również: „czasownik *umożliwiać* [*to afford*] można znaleźć w słowniku, ale rzeczownika *afordancja* już nie. Stworzyłem go. Rozumiem przez niego coś, co odnosi się zarówno do zwierzęcia, jak i do otoczenia, w sposób, w jaki nie robił

tego żaden istniejący termin” (Gibson 1979/1986., wyróżnienie moje). Jak termin może odnosić się jednocześnie do zwierzęcia i środowiska? Następnie oferuje trzecią możliwość (która, jak sądzę, jest najbardziej rozsądna), mówiąc, że tym, do czego chce się odnosić, jest to, co implikuje ich związek; podkreśla, że termin ten „oznacza *komplementarność* zwierzęcia i środowiska” (Gibson 1979/1986, wyróżnienie moje). Mamy więc kilka możliwości interpretowania tego terminu. W istocie istnieją dwa ekstrema. Z jednej strony interpretacja jest następująca: *afordancja* denotuje własność środowiska, które niesie specjalną i szczególną relację do zwierzęcia<sup>22</sup>. Z drugiej strony *afordancja* denotuje samą (specjalną, szczególną) relację<sup>23</sup>. Chociaż jest to znacząca kwestia wyboru teoretycznego, sam opowiadam się za drugą interpretacją, jednak nie całkiem bez powodu. Traktowanie afordancji jako relacji jest najprostszym sposobem uchwycenia rzeczywistości afordancji. Są one rzeczywiste tak jak *człony tej relacji [relata]*<sup>24</sup>.

Odsuwając na bok kwestie interpretacyjne, istnieje szereg kwestii dotyczących afordancji, które są jasne. Relacje te są z pewnością warunkowe. Występują jedynie w pewnym zakresie możliwości denotowanych tu z wykorzystaniem jawnych kontrastów (prawie poziome kontra pochyłe, itd.). W tym przypadku i przypuszczalnie w innych liczne warunki muszą być jednocześnie spełnione w poszczególnej sytuacji, by zrealizowała się poszczególne afordancja. Jeśli powierzchnia ziemską byłaby prawie pozioma w jednym okresie, lecz wystarczająco rozległa w innym, a w żadnym – sztywna, to nie byłoby takiego okresu, w którym w tym miejscu utrzymywałyby się ta afordancja. Oczywiście te same punkty są ważne dla warunków utrzymujących się w różnych miejscach w tym samym czasie. Jest również jasne, że warunki nie są koniecznie zjawiskami binarnymi, lecz potencjalnie są stopniowalne; powierzchnia, która jest prawie płaska, może służyć tak samo dobrze jak powierzchnia całkowicie płaska. Gradacja ta może następnie dyktować stopień, w jakim afordancja jest utrzymana

<sup>22</sup> W dalszej części, używam pojęcia własności w ogólnym znaczeniu – takim, że obiekty (np. gruszki, krzesła) są charakteryzowane przez ich własności (np. słodczy, sztywność). Dla jasności: traktuję je jako odrębne od relacji; właściwości relacyjne są odmienne od relacji, które realizują. Większość tego, co powiedziałem, może być modyfikowane tak, by można było traktować relacje jako własności orzeczone o więcej niż jednej jednostce, ale byłaby to zbędna komplikacja. Odwrotnie: można całkowicie pozbyć się własności i zdefiniować pojęcie afordancji strukturalnej (omówione poniżej) wyłącznie w terminach relacji (zob. przypis 5). Nie będę badać konsekwencji takich posunięć w tym miejscu.

<sup>23</sup> Jest oczywiście możliwe, że afordancje mogą być równocześnie tym i tym. Celem Normana (1988) jest rozróżnienie między afordancjami rzeczywistymi i postrzeganymi. W istocie jest to dystynkcja pomiędzy postrzeganymi własnościami rzeczy (mianowicie własnościami, które pozostają w szczególnej relacji z poszczególnymi zwierzętami) i aktualnej relacji, w której zwierzę pozostaje do tej rzeczy. Należy zauważyć, że wiele teoretycznej literatury dotyczącej afordancji zakłada, że afordancje są własnościami środowiska, które pozostają w szczególnej relacji do zwierząt. Czasami założenie to jest czynione bez żadnych argumentów (patrz Chemero 2009: 135-47 – dla przeglądu). Jednak inni argumentowali za takim ujęciem, według którego afordancje są własnościami systemu zwierzę-środowisko (Stoffregen 2003), czy też relacjami pomiędzy zdolnościami zwierząt a cechami ich środowisk (Chemero 2003). Jak już czytelnik może przypuszczać, preferuję to drugie rozwiązanie.

<sup>24</sup> Wykluczam – dodatkowo – możliwość, że afordancje są być stanami dyspozycyjnym (czyli w istocie: własnościami) systemu nerwowego sprawcy (Ellis i Tucker 2000). Robię to po pierwsze dlatego, że jest to dalekie od intencji Gibsona; po drugie, bo podejrzewam, że prawdziwość tej propozycji zależy od zasięgu eksplanacyjnego pojęcia reprezentacji, a po trzecie, bo nawet gdyby było tak, że afordancje (w ogóle, a nie tylko mikroafordancje Ellisa i Tuckera) są reprezentacyjne, to kwestia dotycząca tego, co reprezentują (własności środowiska lub relacje między zwierzęciem a środowiskiem), będzie nadal sporna, czyli kluczowe zagadnienie pozostanie nierozstrzygnięte.

(a nawet częściowo jej ocenę jako pozytywnej czy negatywnej). Na przykład śliska powierzchnia może być pewnym stopniem pomiędzy afordancją wsparcia a upadku, może to być niestabilność, która może być wykorzystana przez odpowiednią morfologię (porównaj: Pfeifer i Bongard 2007: 99).

Identyfikowanie afordancji wymaga identyfikowania relacyjnych własności środowiska, które są współzależne z relacyjnymi własnościami zwierzęcia. I muszą być jako takie identyfikowane, tylko to pozwoli nam uchwycić tę komplementarną relację, która jest przypuszczalnie pod ręką w trakcie realizacji pewnej afordancji<sup>25</sup>. Lecz z pewnością nie wynika to z faktu, że *teoria* afordancji musi identyfikować pewne własności relacyjne, które – zgodnie z tym opisem – muszą być znane postrzegającemu. Faktycznie jest to sytuacja, której Gibson chciał uniknąć. Jeśli cokolwiek jest jasne w kwestii tego, co oznacza postrzeganie afordancji, to fakt, że widzenie powierzchni jako oferującej wsparcie nie obejmuje brania pod uwagę (czy aprobowania) myśli takiej jak:

- Powierzchnia, którą widzę, jest prawie pozioma (a nie pochyła), prawie płaska (a nie wypukła czy wklęsła) i wystarczająco rozległa (względem rozmiaru mojego ciała), a jej substancja jest sztywna (względem mojego ciała) oraz w takiej a takiej czasoprzestrzennej relacji do mnie, że relacja ta oferuje wsparcie.

Jeśli cokolwiek ma wynikać z twierdzenia Gibsona, że „afordancje *wydają się* być postrzegane bezpośrednio, ponieważ są postrzegane bezpośrednio”, jest to, że postrzegający nie musi być poinformowany o afordantnej relacji zgodnie z jakimkolwiek opisem, aby je postrzegać (1986: 140).

Niemniej jednak, aby *badać* afordancje, należy identyfikować relacyjne własności zwierzęcia, które powinny znajdować się w afordantnej relacji ze środowiskiem. W cytowanym przypadku rozmiar i waga (co najmniej) wydają się istotnymi relacjami. Można to określać na wiele sposobów, na przykład względem konwencjonalnej miary zaprojektowanej tak, by przybliżyć obiektywne fizyczne jednostki, lub względem poszczególnych relacji kontekstowych pozbawionych takiego projektu. Kluczową różnicę w tym miejscu stanowi fakt, że relacje kontekstowe są symetryczne, podczas gdy relacje konwencjonalne są asymetryczne. To, że dziewczyna ma sześć stóp wzrostu, zależy od konwencjonalnych miar stóp i cali, ale konwencjonalne miary stóp i cali nie zależą od wielkości żadnej poszczególniej jednostki. Istnieją pewne efektowne badania, zaprojektowane po to, by zademonstrować wagę kontekstowych (raczej, niż konwencjonalnych) relacji w realizacji afordancji. Przykładowo: Warren i Wang (1987) starali się zbadać zakres, w którym szczelina oferuje przejście z jednej strony przegrody na drugą, mierząc częstotliwość skrętu ramion w grupie uczestników mniejszych niż przeciętni i grupie większych niż przeciętni. Jak można się było spodziewać – odkryto, że zmniejszona częstotliwość ruchu ramion jest pozytywnie skorelowana ze zwiększaniem się rozmiaru szczeliny. Jednak kiedy wielkość szczeliny była określana względem konwencjonalnych fizycznych jednostek, psychofizyczne funkcje obu grup były

<sup>25</sup> Rozumiem przez to, że aby teoretyk rozpoznał, że afordancja jest realizowana, musi być ona w jakiś sposób identyfikowana. Ta raczej zwyczajna uwaga na pewno jest różna od twierdzenia, że afordancje muszą być zidentyfikowane (i rozpoznane), by były zrealizowane.

całkiem niepodobne. Tylko gdy wielkość szczeliny była określana względem odległości od ramion uczestników, funkcje psychofizyczne obu grup stały się porównywalne (a w istocie: uderzająco podobne).

### Afordancje strukturalne

Chciałbym teraz argumentować za tym, że istnieje szczególny rodzaj relacji afordantnej odnoszącej się do struktury ciała, różnej od innych takich relacji. Początkowa motywacja pochodzi od omówionych przez Jose Luisa Bermudeza możliwych rozwiązań problemu, jak podzielić ciało na części:

*Chciałbym teraz wprowadzić techniczne pojęcie przegubu [hinge]. Intuicyjna idea, którą chcę uchwycić tym terminem, jest ideą części ciała, która pozwala ruszać kolejnymi częściami. Przykładami przegubów są: szyja, gniazdo szczęki, ramiona, łokcie, nadgarstki, kostki, stawy palców, gniazdo nogi, kolana i kostki. Rozróżnienie pomiędzy ruchomymi a nieruchomymi częściami ciała razem z pojęciem przegubu tworzą następujący obraz tego, jak ludzkie ciało jest podzielone na części [segmented]: względnie nieruchomy tułów połączony jest przez przeguby z pięcioma ruchomymi członkami (głową, dwoma nogami i dwoma ramionami) a każdy z nich jest następnie podzielony przez kolejne przeguby (1998: 155).*

Bermudez sugeruje, że jego omówienie dotyczące przegubów „dostarcza niearbitralnego sposobu podziału ciała na części, który dość ściśle zgadza się z tym, jak klasyfikujemy części ciała w codziennej myśli i mowie” (1998: 156). Niezupełnie tak jest. Może to niearbitralna [ocena], ale brakuje dokładnego uchwycenia na przykład odniesienia do nosów i uszu. Mimo to jednak chciałbym wydobyć coś pozytywnego z tej idei, kierując uwagę na inną kwestię poruszoną przez Bermudeza, która brzmi następująco: „świadomość lokalizacji przegubów, tak jak i możliwości ruchu, które one oferują, może zostać wiarygodnie ujęta jako nierozzerwalnie towarzysząca uczeniu się działania z własnym ciałem” (1998: 156). Już samo przejrzenie jego książki sugeruje, że autor ten używa pojęcia afordancji w sensie Gibsonowskim (porównaj: Bermudez 1998: 103-29). Zgodnie z ujęciem przyjętym powyżej, afordancje są relacjami. Tutaj jest to relacja pomiędzy cielesnym sprawcą a jego ciałem. Ten rodzaj akordancji nazwijmy **afordancją strukturalną (AS)**; powtórzmy:

SA Afordancja strukturalna jest relacją pomiędzy cielesnym sprawcą a jego ciałem.

To zwrotnie wzbogaca ideę (zwykłej) afordantnej relacji pomiędzy sprawcą a środowiskiem. W tej analizie afordancja sprawca-środowisko (skoczność, plastyczność itd.) są relacjami drugiego rzędu, względem których pierwotnymi są pierwszorzędowe SA sprawcy. Ze względu na tę dystynkcję nazwijmy afordancje sprawca-środowisko: EA. Związek pomiędzy SA a EA można zdefiniować następująco: odczytując  $Q$  i  $R$  jako relacje określone, a  $x$  jako relację nieokreśloną oraz  $b$  jako jednostkę:

- (1). Jeśli istnieją afordancje, to istnieją SA.
- (2). Istnieją afordancje, które nie są SA.
- (3). Jeśli  $x$  jest afordancją, w której  $b$  jest *członem relacji*, wtedy również  $x$  jest w SA relacji  $R$ , lub inne  $x$  jest w EA relacji  $Q$  i  $b$  jest *członem relacji*  $Q$ , dzięki byciu *członem relacji*  $R$ .

Definicja związku pomiędzy SA i afordancjami środowiskowymi jest podobna do ważnej definicji pojęcia **działania podstawowego** (porównaj: Danto 1965: 142). Przez działanie podstawowe rozumiem tutaj każdy przypadek, w którym sprawca podejmuje wysiłek utrzymania lub zmiany swojego cielesnego zachowania. Jest to jednak zgodne z typowym rozumieniem go. Działanie podstawowe może służyć pewnym, kolejnym (instrumentalnym) działaniom, które sprawca usiłuje – ale nie musi – wykonać. Ponadto *usiłowanie* działania wymaga następujących warunków: tylko wtedy, gdy działanie jest inicjowane (i zazwyczaj wykonywane) zgodnie z wrażeniem, że aktualne wykonanie jest *możliwe*, możemy powiedzieć, że agent *próbuje* lub *usiłuje* wykonać to działanie. Jest to jedna strona filozoficznej monety płaconej w skoncentrowanej na wysiłku analizie działania, której drugą stroną jest metafizyczna możliwość kompletnej porażki działań. O'Shaughnessy przedstawia opis tego drugiego:

*Istnieje doskonale prawdziwe przeczucie, stłumione przez filozofów zdroworozsądkowych, zgodnie z którym żadne zdarzenie, włączając w to zamierzone zdarzenia-działania, nie może być przepowiedziane z absolutną pewnością. Ten sens jest następujący: świat jest znany z tego, że ukrywa dziwaczne zdarzenia; jest to nieustanny potencjał świata i o żadnej sytuacji nie możemy powiedzieć: ta oto sytuacja niesie ze sobą sielskie życie, mamy gwarancję, że nie ukrywa żadnych takich dziwactw (1973: 365 – 66).*

Tu oprócz sugestii metafizycznej możliwości radykalnie niezdeterminowanego świata mamy do czynienia ze znaczącą intuicją, że kiedy próbujemy zrealizować [jakieś działanie], to pewne działania podstawowe – takie jak usiłowanie – są [przy tym] zawsze angażowane, choć istnieje możliwość, że rzeczywistość nie będzie temu sprzyjać. Mimo tego „usiłowanie pociąga za sobą przypuszczenie ze strony sprawcy, że sukces jest, przynajmniej w perspektywie, możliwy” (O'Shaughnessy 1973: 367). Jeśli jest to poprawne, to powinien istnieć pewien sposób określania ograniczeń dla opisanych tu działań. Jednym z nich mogłoby być odwołanie się do faktu, że samo ciało ma [pewną] strukturę. Pozytywną cechą bermudezowskiej analizy przegubów jest wskazanie jako kluczowego faktu, że części ciała mają własność relacyjną bycia złączonymi ze sobą. Ponadto, rozwijając „ideę części ciała, która pozwala poruszać kolejną częścią ciała”, w tej analizie, Bermudez prawdopodobnie dąży do wskazania wagi owej własności pod tym względem. Założenie jest takie, że cielesny sprawca jest w stanie działać dzięki faktowi, że części jego ciała są ze sobą połączone. Lecz to nie wystarczy, by podstawowe działania były możliwe. To nie samo połączenie części nie jest tak bardzo ważne, ale raczej (w konsekwencji) sposób, w który owe części, dzięki swoim własnościom, wchodzą ze sobą w interakcje przyczynowe. Ponadto, z braku powodów, by myśleć

inaczej, powinniśmy dopuścić możliwość przyczynowych interakcji część-całość jako dodatku do możliwości interakcji część-część, kluczowej w bermudezowskiej analizie przgubów.

Oto więc pełniejsza definicja, dalej rozwijająca pojęcie afordancji strukturalnej:

**SA\*** Strukturalna afordancja jest relacją pomiędzy cielesnym sprawcą  $b$  a własnościami  $I^p$  i  $I^W$  części jego ciała, dzięki którym podstawowe działanie  $\phi$  jest możliwe dla  $b$ .

- $I^p$  jest własnością bycia w interakcji przyczynowej z innymi częściami  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  dzięki ich własnościom  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ .
- $I^W$  jest własnością bycia w interakcji przyczynowej z całym ciałem dzięki jego własnościom  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ .

[Definicja ta] bardziej satysfakcjonuje. Teraz głównym zadaniem będzie pokazanie, że realność afordancji strukturalnych jest możliwa<sup>26</sup>. Zrobię to za pomocą skróconego przeglądu badań nad koordynacją ruchową. Celem jest doprowadzenie do pewnego stopniowego postępu dzięki wyróżnieniu przynajmniej kilku kandydatów na  $P$ 'sy i  $W$ 'sy (dalej oznaczam je: ( $P$ ) i ( $W$ )). Robiąc to, mam nadzieję naświetlić pewne procesy przyczynowe, od których AS'y są zależne. Ponadto w minimalnym stopniu pokażę, w jaki sposób coś może się liczyć za cielesnego sprawcę oraz jak coś może stanowić podstawowe działania cielesnego sprawcy (kiedy będę to robił, będzie oczywiste, że to robię). Potraktuję to w sposób raczej pobieżny, ale wystarczający do wskazania kierunku, który – jak myślę – powinny przyjąć badania AS.<sup>27</sup>

### Empiryczna rzeczywistość afordancji strukturalnych

Istotną własnością sprawców posiadających wiele stawów [*multi-jointed agents*] jest **ruchowa redundancja** (patrz: Figura 1). Latash podsumowuje swój ulubiony przykład, który przypisuje ojcu tego pojęcia, Nikolajowi Bernsteinowi:

*Dotknij swojego nosa prawym palcem wskazującym. Teraz spróbuj poruszyć ręką bez utraty kontaktu pomiędzy czubkiem palca a nosem. Jest to łatwe do zrobienia. Oznacza to, że każdy może dotknąć [własnego] nosa przy wielu*

<sup>26</sup> Alternatywą (zasugerowaną mi przez Saszę Fink) byłoby opisanie strukturalnych afordancji dosłownie jako struktury ze zdefiniowanych na nich zbiorów relacji. [Przyjrzyjmy się tej alternatywie]:

**SA\*\*** Strukturalna afordancja jest relacją pomiędzy cielesnym sprawcą  $b$  i relacjami  $I$  i  $J$  zarządzającymi zbiorem części ciała  $b$ , dzięki którym podstawowe działania  $\phi$  są możliwe dla  $b$

°  $I$  jest relacją części  $x$  będących w przyczynowej interakcji z innymi częściami  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$

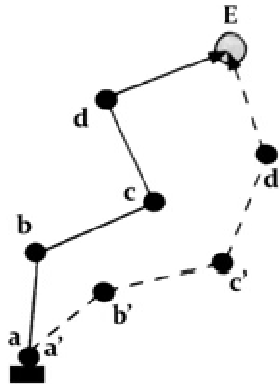
°  $J$  jest relacją części  $x$  będących w przyczynowej interakcji z całym ciałem

Interesującym kierunkiem dalszych badań byłoby zbadanie implikacji tych i innych alternatywnych sposobów definiowania afordancji strukturalnych.

<sup>27</sup> W rzeczywistości istnieje rozległa literatura poświęcona badaniu afordancji sprawca-środowisko, dlatego pominiemy ją dla zwięzłości (patrz np.: Ellis i Tucker 2000; McBride, Sumner i Husain 2011). Wystarczy zauważyć, że jeśli pojęcie afordancji strukturalnej wyróżnia coś realnego, to powinno ono figurować w pełnym wyjaśnieniu zjawisk ujawnionych w tych badaniach.

możliwych kombinacjach kątów stawów ramienia. Pomimo to podczas prezentowania zadania wykonujesz je w ramach określonej [indywidualnej] kombinacji stawów (Latash 2008: 35)<sup>28</sup>.

### Rysunek 1: Redundancja w kończynie o czterech stawach



Patrz: główny tekst.

Na podstawie: Latash (2008: 36)

Jego stanowisko jest następujące: twoje ramię ma własność (*P*) bycia – w pewnym sensie – wysoce redundantnym. Spojrzenie na Rysunek 1 może pomóc to rozjaśnić. Przyjmijmy pewną idealizację twoich ramion jako posiadających jedynie cztery stawy (bark, łokieć, nadgarstek i pierwsze kostki), gdzie każdy ze stawów ma tylko jeden stopień swobody. Po to, by osiągnąć punktu końcowego E, możesz założyć kąty a, b, c, i d. Ale możesz również osiągnąć E dzięki założeniu a', b', c' i d'. W istocie możesz również osiągnąć E, zakładając a'', b'', c'', d'', itd.

Opisana w ten sposób redundancja ukazuje bardzo uproszczony obraz tego, co jest zazwyczaj znane jako **problem Bernsteina**. Jak zauważa Michael Turvey, rozważana jako własność (*W*) całego ciała, ruchowa redundancja jest dużo bardziej złożona:

*Koordinacja jako charakterystyczny wyraz systemów biologicznych konieczne wymaga wiązania we właściwe relacje wielu różnych części składowych (np.  $10^{14}$  jednostek komórkowych w  $10^{13}$  odmianach), zdefiniowanych w wielu skalach czasowych i przestrzennych. Wyzwanie, jakim jest właściwe powiązanie wielu różnych składowych, łatwo zilustrować. [...] Istnieje około 792 mięśni w ludzkim ciele, które łączą się, by doprowadzić do przemian energetycznych w stawach szkieletowych. Przypuśćmy, że konceptualizujemy ludzkie ciało jako agregat wyłącznie przegubów stawowych, takich jak łokieć. Obejmujeono wówczas około 100 mechanicznych stopni swobody, w tym każdy charakteryzowany przez dwa stany, położenia i prędkości – uzyskując co najmniej 200-wymiarową przestrzeń stanów (1990: 938).*

<sup>28</sup> Latash dokonuje tu pewnego niedoszacowania. Jest on doskonale świadom tego, że nie jest to jedynie „bardzo dużo kombinacji kątów stawów ramienia”, które doprowadzą palec do nosa. Jak później zauważa, potencjalnie liczba tych kombinacji jest nieskończona (Latash 2008: 36).

Wystarczy powiedzieć, że 200-wymiarowa przestrzeń możliwości (która sama jest uproszczeniem) jest niewyobrażalną złożonością. Biologiczne ruchy regularnie kreślą ścieżki w wysokowymiarowych przestrzeniach, które ujawnił problem Bernsteina. Co interesujące, regularnie wykorzystują one rozmaite opcje; nakreślają *różne* ścieżki do sięgnięcia tego samego celu. I ma to miejsce nawet w stereotypowych ruchach wykonywanych przez szczególnie wytrenowane jednostki. Jak wyraził to Latash, Bernstein odkrył to sam, uważnie badając pracę robotników (Latash 2008: 31). Umieścił on małe żaróweczki w kluczowych punktach na ciałach kowali, tak jak i na znanych im młotkach. Potem fotografował ich za pomocą innowacyjnej, szybkiej migawki, podczas gdy wykonywali typowe uderzenia młotkiem. Zdjęcia te wykazały, że pomiędzy uderzeniami występowała mniejsza zmienność w ruchu narzędzia niż w różnych poruszających nim indywidualnych stawach. Sugeruje to proste i sprytne rozwiązanie problemu Bernsteina: traktuj system tak, jakby miał mniej stopni swobody przez łączenie [*lumping*] składowych ze sobą. Dobrze ideę tę ilustruje J.A. Scott Kelso:

*W trakcie ruchu wewnętrzne stopnie swobody nie są bezpośrednio kontrolowane, ale są ograniczane przez wiązanie się między sobą we względnie stały i autonomiczny sposób. Wyobraź sobie prowadzenie samochodu lub ciężarówki, która ma oddzielny mechanizm sterujący dla każdego koła zamiast wspólnego mechanizmu sterującego dla wszystkich kół. Mówiąc najdelikatniej: to trudne! Łączenie składników w zbiorcze jednostki pozwala jednak na to, aby ten zbiór mógł być kontrolowany tak, jakby miał mniej stopni swobody niż tworzące go części, co znacznie upraszcza kontrolę (1995: 38).*

To rozwiązanie motywuje w pełni autonomiczną koncepcję komponentów zadania ruchowego, gdzie „elementy systemu nie są kontrolowane indywidualnie, jak segmenty ciała marionetki przez dołączone sznurki, lecz łączone są w specyficzne dla zadania [...] *jednostki strukturalne*” (Latash 2008: 53, wyróżnienie w oryginale). Zgodnie z tym komentarzem, **specyficzne dla zadania jednostki strukturalne** są własnościami (*P*) rąk kowali. Części rąk kowali współpracują, stabilizując i kompensując wzajemnie zmienne zachowanie, by konsekwentnie sięgać celu.

Specyficzna dla zadania jednostka strukturalna może być również widziana jako własność (*W*) w obrębie aktywności takiej jak przemieszczanie się. By przedstawić intuicyjną ilustrację: rozważmy, jak możemy podejść do projektowania systemu zdolnego do ruchu podobnego do ludzkiego. Ludzie, jak wszystkie przedmioty trójwymiarowe, posiadają minimum trzy stopnie swobody: ciało może wychylać w przód i w tył, kołysać z boku na bok i odwracać (odchyłać) w lewo czy prawo. Jeśli ruchome ciało jest traktowane jako strukturalna jedność, wówczas możliwe będzie utrzymanie liczby stopni swobody ciele tego ciała blisko trzech. Wychylanie i kołysanie się są – mniej technicznie – znane jako pochylenie. Zbyt duże pochylenie może prowadzić do upadku, więc pochylenie podczas chodzenia powinno być jakoś stabilizowane. Problem może być pojmowany przez wyobrażenie chodzącego [agenta] jako odwróconego wahadła zarówno w płaszczyźnie czołowej, jak i strzałkowej. Celem jest utrzymanie kuli wahadła mniej więcej prostopadle do płaskiej powierzchni, po której on idzie (wyidealizowanej jako pozbawionej nachyleń i spadków). Wymagane jest osiągnięcie trwałego, naturalnego ruchu wahadłowego przez realizowanie własności (*W*) stabilnie

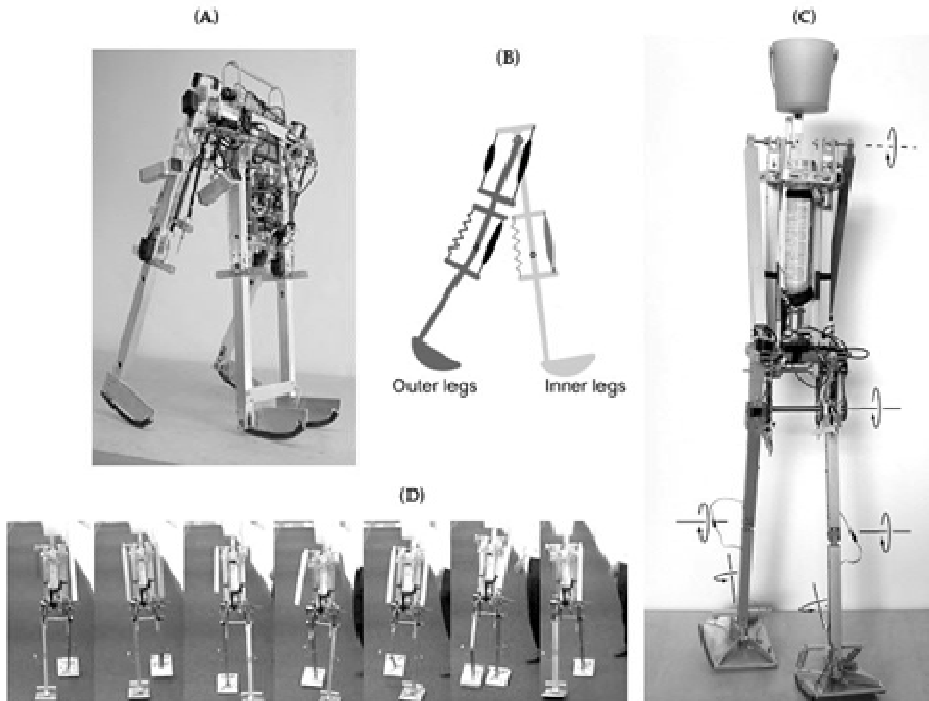


sprężonych komponentów. Realizację tego umożliwiłoby na przykład upewnienie się, że nacisk wywierany na powierzchnię, po której idzie agent, jest utrzymany w bezpiecznym obszarze wewnątrz krawędzi stopy, upewniając się, że stopa nogi stawianej pozostaje płaska na podłodze, podczas gdy noga rozbujana odprowadzana jest do przodu (Wisse 2005: 113-14)<sup>29</sup>. Lecz jest to trudniejsze, niż się wydaje. Wszystkie potencjalnie destabilizujące elementy wymagają ciągłego monitorowania i kontroli, znacząco zwiększając podstawowe trzy wymiary.

Wprowadźmy **dynamiczno-pasywną maszynę kroczącą** [*wild-walker*]. W laboratorium biorobotyki w Delft rozbudowano prostą konstrukcję – którą nazwano **Mike** – by zademonstrować, że zadanie określone powyżej może być łatwiej wykonane dzięki wzajemnemu sprzężeniu komponentów w taki sposób, że wspólnie prowadzą do samostabilizującego się zachowania. Mike ma dwie symetryczne pary, każda noga w parze jest złączona z drugą; jedna para porusza się poza [obszarem] drugiej; każda para posiada staw kolanowy (patrz Rysunek 2A). Aby ułatwić ruch na płaskiej (a nie nachylonej, opadającej) powierzchni, Mike ma oscylujące pneumatyczne siłowniki po obu stronach swoich zewnętrznych stawów biodrowych, tak zwane **mięśnie McKibbena**. Dodatkowo w każdym stawie kolanowym posiada mięśnie prostujące nogę, przeciwdziałające sprzężeniu umieszczonej z drugiej strony (zobacz: Rysunek 2B). Aktywność mięśni jest regulowana poprzez ręcznie dostrojoną koordynację czasową [*timing*] i prosty mechanizm przełączający w wewnętrznej i zewnętrznej stopie, który antagonistycznie sprzęga mięśnie bioder. Toteż – przykładowo – kiedy mechanizm wewnętrznej stopy przełącza się, wówczas mięśnie zewnętrznego kolana się deaktywują, a mięśnie z przodu zewnętrznego biodra – aktywują. Mięśnie kolana ponownie się aktywują już około pół sekundy później, a kiedy zewnętrzna stopa uderza, mechanizm przełącza siłę z mięśni biodrowych z przodu na te z tyłu. W rezultacie, kiedy Mike jest nastawiony na chodzenie, demonstruje on zdecydowany chód, przy dość szybkim ruchu nóg o dowolnej długości (patrz: Wisse 2005: 116-22; Wisse i Frankenhuyzen 2006). Faktycznie, kluczowe jest to, jak wewnętrzna dynamika Mike'a realizuje dwie następujące zasady: „Nigdy nie upadniesz do przodu, jeśli swoją rozbujaną nogę wystarczająco szybko umieścisz przed nogą, na której stoisz. Po to, by uniknąć upadku do tyłu w następnym kroku, rozbujana noga nie powinna być za bardzo z przodu” (Wisse 2005: 122, kursywa usunięta).

<sup>29</sup> Określenie: „płaską stopą” faktycznie nie odnosi się do sposobu, w jaki większość ludzi powinna stawiać swoje stopy. Jak podkreślają Wisse i Frankenhuyzen (2006: 15), w rzeczywistości kształt typowej ludzkiej stopy w czasie rozwoju cyklu kroków kieruje centrum nacisku ku przodowi. Fakt ten jest uwzględniany i wykorzystywany w projektowaniu protez stóp i dynamiczno-pasywnych maszyn kroczących od czasu pierwszych prototypów McGeera.

**Rysunek 2: Prototypy humanoidalnych maszyn koczających z Delft Technical University Biorobotics Lab**



(A) *Mike*, czteroноżna, dwuwymiarowa maszyna koczająca z siłownikami w biodrach i kolanach.

(B) „Mięśnie McKibbena” umieszczone w biodrach i kolanach *Mike*'a (zobacz tekst).

(C) *Denise*, dwunożna, trójwymiarowa maszyna koczająca z kolanami bez siłowników, pasywną górą ciała, ramionami bujającymi się przemiennie z nogami i stawem skokowym wzorowanym na deskorolkowych trakach.

(D) Stoplatki ruchu *Denise* z nagrania wideo (dostępnego na <http://dbl.tudelft.nl>).

Ilustracje pochodzą z: Wisse (2005), opublikowane za zgodą tego autora.

Struktura *Mike*'a przedstawia – utrzymując małą ilość stopni swobody – rozwiązanie dla tendencji do niestabilnego wychylania. Faktycznie jest on zbudowany tak, by mieć jedynie trzy stopnie swobody, jeden w biodrze i po jednym w każdej parze kolan. W wyniku tego *Mike* porusza się jedynie w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej. Z boku wygląda jak ktoś maszerujący, ale z przodu jak ktoś szurający kulami; dzięki bocznej stabilności – dziedzictwa jego wewnętrzno-zewnętrzny projekt nóg – może uniknąć problemu ***pochylenia bocznego***. Nieco bardziej humanoidalnym rozwiązaniem byłoby boczne rozmieszczenie stóp, ale potencjalną wadą jest to, że redukując w ten sposób pochylenie boczne, prowadzimy do zwiększenia niestabilności wychylenia. Martijn Wisse proponuje pewien kompromis:

*Podobnie jak w deskorolkach i rowerach, można używać sterowania (odchylenia) do stabilizowania pochylenia – tak długo, jak system porusza się do przodu z wystarczającą prędkością. Ta sama zasada jest aplikowalna do chodzenia i może być implementowana do chodzących robotów ze stawem skokowym, które kinematycznie sprzęgają pochylenie z odchyleniem (2005: 125).*

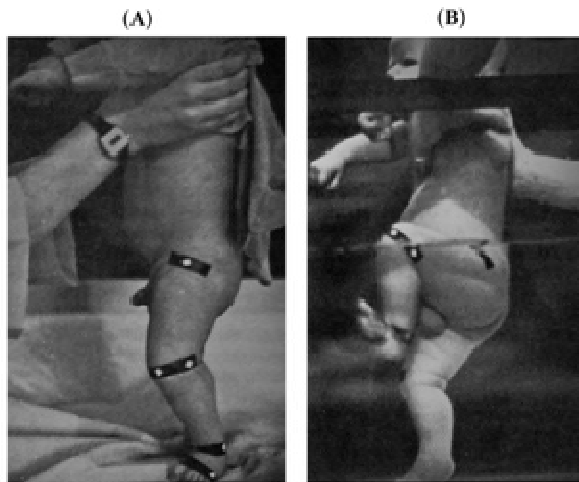
Pracując na tych zasadach, zespół z Delft zbudował **Denise**, trójwymiarową maszynę kroczącą. Denise ma jedynie dwie stopy, pasywną górę ciała, ramiona bujające się na przemian z nogami, sztywno sprzęgnięte ze stawem biodrowym i (podobnym do deskorolkowego) stawem skokowym z pochyłem bocznym, co skutkuje pięcioma stopniami swobody (zobacz: Rysunek 2C). Jej kostki i kolana są całkowicie pasywne, a staw biodrowy obustronnie sprzęga obie nogi ze sobą. Ruch jej bioder kontrolowany jest podobnie jak u Mike'a, lecz z mniejszym wzmocnieniem. Z każdym krokiem przełącznik w uderzającej stopie uruchamia kontralateralne mięśnie bioder i zwalnia zatrask w stawie kolanowym, pozwalając nodze zgiąć się i powrócić do wyprost. Z powodu stawów skokowych krok Denise jest w niewielkim stopniu przemieszczony bocznie. Ale każdy prowadzi ją do przodu, do kolejnego kroku: kiedy prawa stopa uderza, lewe kolano jest zwalniane, a mięśnie bioder zaczynają wyciągać lewą nogę do przodu. Ciężar Denise przemieszcza się ku przodowi, noga prostuje się i stopa opada, powtarzając ten proces dla kontralateralnej stopy. Konsekwentnie kroczy prosto i stabilnie około 2.5 km/h (zobacz: Rysunek 2D).

W zakresie, w jakim Mike i Denise prezentują model rzeczywistego chodzenia, dostarczają dobrych przykładów strukturalnych jednostek całego ciała, które mogą być konstytutywnymi własnościami SA. Jednak obecność bądź nieobecność afordancji dla podstawowych działań może być stosunkowo nietrwała. Interesujące przykłady takiej sytuacji można odnaleźć w rozwoju przemieszania się niemowląt. Większość nowo narodzonych niemowląt prezentuje zmienny ruch kroczący, jeśli dolna część ich ciała ma wsparcie, jednak ten odruch wydaje się „znikać” po kilku miesiącach (Zelazo, Zelazo i Kolb 1972). Oprócz tego Esther Thelen ze współpracownikami poczyniła kilka dalszych obserwacji. Po pierwsze ruchy te nie są „losowymi uderzeniami stóp, lecz raczej zorganizowanymi ruchami z rozpoznawalną czasową i przestrzenną strukturą” (Thelen i Smith 1994: 11). Po drugie: jest tak, że dzieci te faktycznie przejawiają wzmożoną ruchliwość nóg w tak zwanym okresie niekroczenia: są dość zadowolone, kiedy podczas leżenia na plecach wykopują swoje stopy w powietrze. Jest to dość uderzające, kiedy połączy się z faktem, że po trzecie: ruchy te – kopania podczas leżenia – prezentują te same profile kinematyczne (to znaczy strukturę w czasie i przestrzeni) oraz podobne wzorce aktywności mięśniowej do swoich już samodzielnych ruchów kroczących (Thelen i Fisher 1982). Na podstawie tych i innych danych Thelen i Smith konkludują, że „to, co wcześniej było rozważane za odmienne i oddzielne zachowania”, faktycznie jest „manifestacją tego samego ruchowego wyjścia [output] w dwóch różnych postawach” (1982: 11).

Więc co się zmieniło? Czemu te wszystkie dzieci przestają kroczyć, natomiast powiązany ruch [nadal] wykonują bardzo dobrze? Dalsze badania Thelen wskazują, że afordancje wygasają, gdy tracą one własność (P) subtelnie zrównoważonej proporcji po-

między masą a siłą. Noworodki tyją szybciej, niż ich mięśnie są w stanie sobie z tym poradzić, po prostu nie są wystarczająco silne, by utrzymać swoje (całkowicie zdrowe) krągłości pod kontrolą [*chub in check*]. Pamiętając o tym, Thelen, Fisher i Ridley-Johnson (1984) porównały częstotliwość kroczenia ze stopniem zmiany masy ciała u nowonarodzonych niemowląt w trakcie pierwszego miesiąca życia. Odkryły, że „niemowlęta, które bardziej przytyły, kroczyły mniej” od niemowląt, które wolniej przybierały na wadze, co sugeruje, że to raczej *stopień*, w którym zwiększyła się masa ciała – niż po prostu sama masa – powoduje, że odruch kroczenia zanika (1984: 485). Aby lepiej zorientować się w jaki sposób, siła mięśni może być wskaźnikiem granic ruchu, zbadały zakres, w jakim można wpływać na kroczenie przez dodawanie i zdejmowanie obciążenia. Jak można się było spodziewać, obciążeniu równoważnością masy ciała, którą niemowlęta miały nabyć przez następne dwa tygodnie, towarzyszyło znacznie zmniejszenie częstotliwości i wielkości ich kroczenia, podczas gdy zanurzenie w wannie z ciepłą wodą (zobacz: Rysunek 3) wywoływało efekt przeciwny (1984: 489).

### Rysunek 3: odruch kroczenia u ludzkich niemowląt



(A) Trzymiesięczne niemowlę testowane na kroczenie ze stopami na stole; świecące diody widoczne są na: biodrze, kolanie, kostce i stawach palców u stóp.

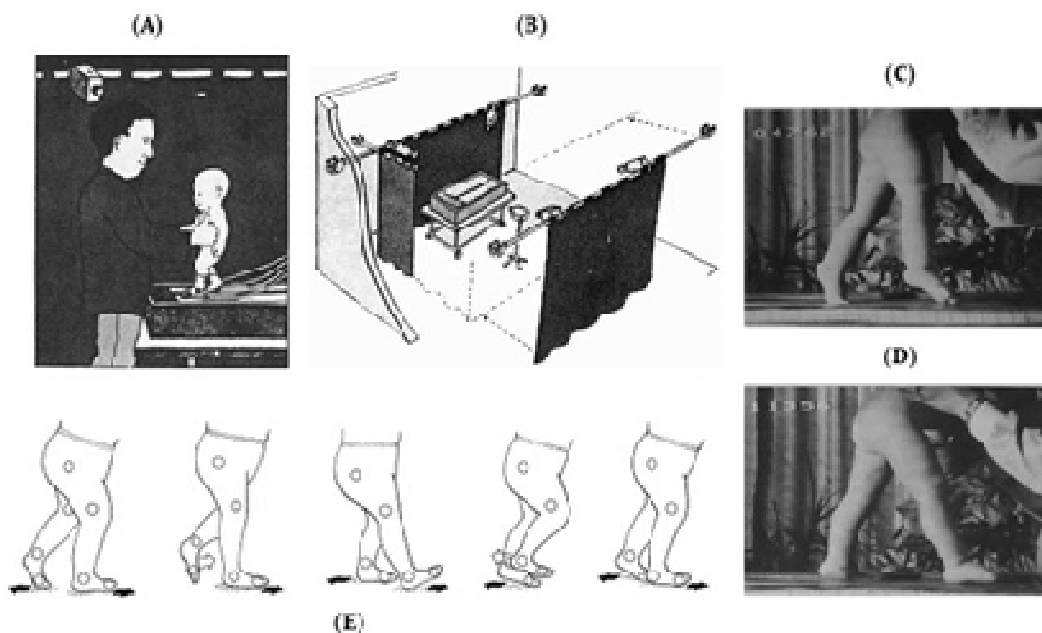
(B) Odruch kroczenia wywołany u tego samego trzymiesięcznego niemowlęcia podczas zanurzenia w ciepłej wodzie.

Oba zdjęcia pochodzą z: Thelen i Smith (1994: 12).

Jeżeli jednak mamy potraktować to jako pewne działanie, to powinno ono prezentować elastyczność wymaganą przy określonych zadaniach. Ponownie: pewne wskazówki pochodzą z prac Thelen. Odkryła ona, że siedmiomiesięczne niemowlęta (to znaczy niemowlęta, które można skądinąd uznać za niechodzące) – jeśli dostarczymy wsparcie górnym partiom ich ciał – będą generowały zdecydowane i płynnie skoordynowane ruchy kroczące – od razu, gdy tylko zostaną umieszczone na bieżni (Thelen 1986). Krótko później (zainspirowane badaniami nad chodem czworonożnym) Thelen, Ulrich i Niels (1987) umieściły niemowlęta, będące w tym samym wieku, na bieżni z

dwoma pasami [*split-belt treadmill*] (zobacz: Rysunek 4A i B) i zaobserwowały płynne dostosowywanie rozbijania i stawania, kiedy pasy przesuwają się z różnymi prędkościami. Eksperyment ten powtórzono podczas aktualnym dużo późniejszego i efektowniejszego badania Yang, Lamont i Panga (2005). Na podstawie tej próby z udziałem pięciu- do 12-miesięcznych niemowląt stwierdziły, że większość z tych niemowląt nie tylko bardzo szybko adaptowała się do pasów przesuwających się [z przyśpieszeniem] w proporcjach 2:1, ale mogła również generować skoordynowane kroczenie na pasach przesuwających się w przeciwnych kierunkach (patrz: Rysunek 4E)!

**Rysunek 4: Wzorce kroczenia na bieżni u niemowląt niechodzących**



(A) Niemowlę ze wsparciem na bieżni z dwoma pasami.

(B) Bieżnia z dwoma pasami filmowana z czterech kątów kamerami na podczerwień (zwróćmy uwagę na karnisze) oraz zwyczajna kamera wideo (umieszczona na podłodze obok bieżni).

Obie pochodzą ilustracje z: Thelen i Ulrich (1991: 49).

(C) Stawanie na palcach.

(D) Stawanie na płaskiej stopie.

Obie ilustracje pochodzą z: Ulrich (1997: 326).

Typowe kroczenie dorosłego wymaga toczącego się ruchu stóp, w którym pięty jako pierwsze uderzają o podłoże, przemieszczając się przez płaszczyznę stopy ku paluchowi. Natomiast u noworodków kroczenie zazwyczaj obejmuje najpierw uderzenia paluchem (zobacz: Figura 4 C) i od czasu do czasu kontakt płaską stopą (zobacz Rysunek 4D). Aby dokładniej zbadać etapy pośrednie, Thelen i Ulrich (1991: 36 i dalej) szukały różnic indywidualnych, które pozwalałyby przewidywać pojawienie się stabilnego kroczenia w pierwszym roku życia. Odkryły tendencję do słabych działań na bieżni w połączeniu z stawaniem na paluchu i/lub rotacją stóp do wewnątrz, podczas gdy dobre bujanie i stawanie pojawia się wraz z kontaktami płaską stopą. Tylko przy tej

drugiej postawie stawiana noga może zostać odciągnięta z powrotem na tyle daleko – przy wystarczającej częstotliwości impulsów w wrzecionach mięśniowych – by zapełnić [sygnał] przez kręgosłup i aktywować mięśnie antagonistyczne, dlatego też noga może odchylić się wystarczająco do przodu, by móc iść stabilnie. Ponadto, jak wyjaśniają Thelen i Smith, rozwiązanie posturalne z płaskimi stopami dostępne jest jedynie dzięki własności (*P*) dobrze zrównoważonego względnego napięcia mięśni antagonistycznych<sup>30</sup>. W szczególności mięśnie prostowniki muszą osiągnąć pewien stopień napięcia:

*[Jeśli] napięcie [w zginaczach] jest zbyt słabe, bieżnia nie udzieli wystarczającego naprężenia, by pokonać bezwładność nogi, i ta ostatnia nie będzie się wystarczająco wychylać do przodu [alternatywnie, jeśli zginacze są zbyt napięte,] bieżnia nie udzieli dostatecznego szarpnięcia, by je rozciągnąć. W żadnym przypadku receptory rozciągania nie będą wystarczająco aktywowane, by obustronnie fazować (Thelen i Smith 1994: 112).*

Mam nadzieję, że powyższym wystarczająco zilustrowałem subtelność równowagi własności (*P*) i (*W*), dzięki którym możliwe są podstawowe działania, a tym samym –dany jest nam podstawowy sens tego, czym są affordancje strukturalne. To trochę więcej niż początek badań nad affordancjami strukturalnymi, bo mimo że (jak zreferowałem powyżej) własności relacyjne, które one zazwyczaj angażują, są zrozumiałe, to same te relacje rzadko są jako takie identyfikowane.

## Literatura

- Bermúdez, J. L. 1998. *The paradox of self-consciousness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chemero, T. 2003. An outline of a theory of affordances. *Ecological psychology* 15: 181 - 95.
- Chemero, T. 2009. *Radical embodied cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Danto, Arthur C. 1965. Basic actions. *American Philosophical Quarterly* 2: 141 - 48.
- Ellis, Rob and Mike Tucker. 2000. Micro-affordance: The potentiation of components of action by seen objects. *British Journal of Psychology* 91: 451-71.
- Gibson, James Jerome. 1979/1986. *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kelso, J. A. S. 1995. *Dynamic patterns: The self-organisation of brain and behaviour*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Latash, Mark. 2008. *Synergy*. Oxford: Oxford University Press.
- McBride, Jennifer, Petros Sumner and Masud Husain. 2011. Conflict in object affordance revealed by grip force. *The quarterly journal of experimental psychology* 65: 13-24.
- Norman, D. 1988. *The psychology of everyday things*. New York: Basic books.

<sup>30</sup> Historia rozwoju przebiega prawdopodobnie w sposób następujący:

*Noworodki mają charakterystyczne odchylenia w mięśniach prostownikach swoich kończyn, utrzymują nogi i ręce blisko ciała [...] prawdopodobnie przez ciasno upakowaną pozycję płodową [...] ich kończyny są swobodne dopiero po upływie kilku miesięcy i rzeczywiście siła mięśni prostowników w całej rozciągłości odstaje od siły mięśni prostowników w ciągu pierwszego roku (Thelen i Smith 1994: 112).*

Prawdopodobnie tego powodu „[b]ardzo zgięte osobniki oraz te, które nie posiadają wystarczająco silnych mięśni prostowników”, nie mogą położyć swoich stóp płasko na pasie i w konsekwencji gorzej sobie radzą w trakcie kroczenia po bieżni” (Thelen i Smith 1994: 112).

- O'Shaughnessy, Brian. 1973. Trying (as the mental "pineal gland"). *The Journal of Philosophy* 70: 365-86.
- Pfeifer, Rolf and Josh Bongard. 2007. *How the body shapes the way we think: A new view of intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stoffregen, T. A. 2003. Affordances as properties of the animal-environment system. *Ecological psychology* 15: 115 - 34.
- Thelen, E. 1986. Treadmill-elicited stepping in seven-month-old infants. *Child Development* 57: 1498-506.
- Thelen, E., B. D. Ulrich, and D. Niles. 1987. Bilateral coordination in human infants: Stepping on a split-belt treadmill. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 13: 405 - 10.
- Thelen, Esther and Donna M. Fisher. 1982. Newborn stepping: An explanation for a "disappearing" reflex. *Developmental Psychology* 18: 760-75.
- Thelen, Esther, Donna M. Fisher, and Robyn Ridley-Johnson. 1984. The relationship between physical growth and a newborn reflex. *Infant Behavior and Development* 7: 479-93.
- Thelen, Esther and Linda B. Smith. 1994. *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Thelen, Esther and Beverly D. Ulrich. 1991. Hidden skills: A dynamic systems analysis of treadmill stepping during the first year. *Monographs of the Society for Research in Child Development* 56: 1 - 98.
- Turvey, M. T. 1990. Coordination. *American Psychologist* 45: 938-53.
- Ulrich, B. D. 1997. Dynamic systems theory and skill development in infants and children. In *Neurophysiology & neuropsychology of motor development*, ed. K. J. Connolly and H. Forssberg, 319 - 45. London: Mac Keith Press.
- Warren, W. and S. Wang. 1987. Visual guidance of walking through apertures: Body-scaled information for affordances. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 13: 371 - 83.
- Wisse, M. 2005. Three additions to passive dynamic walking; actuation, an upper body, and 3D stability. *4th IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots* 1: 113 - 32.
- Wisse, M. and J. Frankenhuyzen. 2006. Design and construction of MIKE; a 2-D autonomous biped based on passive dynamic walking. In *Adaptive motion of animals and machines*, ed. H. Kimura, K. Tsuchiya, A. Ishiguro and H. Witte, 143-54. Tokyo: Springer.
- Yang, Jaynie F., Erin V. Lamont, and Marco Y. C. Pang. 2005. Split-belt treadmill stepping in infants suggests autonomous pattern generators for the left and right leg in humans. *Journal of Neuroscience* 25: 6869-76.
- Zelazo, Philip R., Nancy Ann Zelazo, and Sarah Kolb. 1972. "Walking" in the newborn. *Science* 176: 314-15.