

## Multimodalna dynamika koordynacji<sup>40</sup>, czyli Michael Turvey i psychologia według inżynierów (nie tylko dla inżynierów)

**Tomasz Komendziński**

Zakład Kognitywistyki i Epistemologii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

*Tomasz.Komendzinski@umk.pl*

Przyjęto: 4 grudnia 2012; zaakceptowano: 15 grudnia 2012; opublikowano online: 31 grudnia 2012.

### Abstrakt

W ważnej części wkładu Michaela T. Turveya do psychologii ekologicznej znajdują się rozważania nad koordynacją ruchu, w szczególności – w odniesieniu do środowiska. Propozycja ta pełni ważną rolę w początkach debaty nad kontrolą motoryczną, która to dziś ma znaczenie daleko szersze od pierwotnego, w tym dla kognitywistyki. Przedstawiona została w zarysie droga tej debaty od początków do dnia dzisiejszego, ze wskazaniem jej różnorodności i roli tego, co przed 30 latami zaproponował Michael T. Turvey.

**Słowa kluczowe:** Turvey; psychologia ekologiczna; koordynacja ruchu; kontrola motoryczna; teoria systemów dynamicznych i samoorganizujących się; MOSAIC; *joint action*.

Naturalną perspektywą odniesienia dla dorobku naukowego Michaela Turveya, zwłaszcza jeśli pamiętać o całym okresie jego działalności naukowej, jest psychologia ekologiczna. W napisanym razem z Michaelem J. Richardsonem, Kevinem Shockley'em, Brettem R. Fajenem oraz Michaelem A. Rileyem rozdziale do *Handbook of Cognitive Science. An Embodied Approach*<sup>41</sup> o psychologii ekologicznej Turvey traktował ją w perspektywie sześciu zasad: 1) właściwą jednostką analizy jest system organizm-środowisko; 2) rzeczywistość środowiskowa powinna być definiowana w skali ekologicznej; 3) zachowanie jest emergentne i samoorganizujące się; 4) percepcja i działanie są ciągłe i cykliczne; 5) informacja jest wyspecyfikowana oraz 6) percepcja jest affordancjami<sup>42</sup>. W tym zestawie zasad szczególnie interesująca są zasady 3 i 4, a

<sup>40</sup> Tytuł nawiązuje tu do artykułu Lagarde'ai Kelso „Binding of movement, sound and touch: multimodal coordination dynamics”, *Exp Brain Res.* 2006 Sep;173(4):673-88.

<sup>41</sup> Michael J. Richardson, Kevin Shockley, Brett R. Fajen, Michael A. Riley, Michael T. Turvey “Ecological Psychology: Six Principles for an Embodied-Embedded Approach to Behavior” In: *Handbook of Cognitive Science. An Embodied Approach*, edited by PacoCalvo and Toni Gomila, Elsevier 2008: 161-187.

<sup>42</sup> Posługuję się tu kalką językową i nie rozważam zasadności tworzenia takiej kalki wobec możliwości użycia istniejących już polskich słów. W polskiej literaturze swoją historię użycia ma już słowo „oferta”

to dlatego, że przy zachowaniu podstawowego związku z psychologią ekologiczną wskazują na związek z koncepcją Bernsteina<sup>43</sup>, a do jego dorobku Turvey szczególnie przywiązywał wagę. Zasady te oraz koncepcja Bernsteina wpisują się w paradygmat związany z koncepcją koordynacji. Ogromne znaczenie miała tu książka Bernsteina (Nikołaja Bernsztejna) Nikołaja Bernsztejna, która ukazała się w roku 1967 w tłumaczeniu angielskim pod tytułem „The Coordination and Regulation of Movements” (Pergamon Press, Oxford 1967). Model Bernsteina przywołuje jeszcze inne ważne w tym kontekście pojęcie, którego rangę chciałbym tu wskazać, mianowicie antycypację. Publikacją, która rozpoczyna myślenie wykorzystujące ustalenia noblisty Prigogine’a, a jednocześnie odsyła do Bernsteina (o którym zresztą Turvey pisał już wcześniej), jest artykuł Turveya z 1980 roku, napisany razem z Peterem Kuglerem oraz Scottem Kelso, zatytułowany “On the concept of coordinative structures as dissipative structures”<sup>44</sup>. Propozycja zawarta w tym artykule to połączenie intuicji rosyjskiego badacza z metodą dynamiki nieliniowej. Rozpoczyna się w ten sposób trwająca już ponad 30 lat dyskusja nad rozumieniem koordynacji ruchu i koordynacji motorycznej. Instytucje badawcze, w których działa Michael Turvey, nie są jedynymi (a z czasem będzie ich jeszcze więcej) i nawet nie kluczowymi wśród propagujących podejście dynamiczne, lecz są one bardzo istotne dla nas ze względu na ujęcie ekologiczne. Wraz z tym formułuje się paradygmat podejścia do działania (a w tym koordynacji i kontroli motorycznej) w perspektywie teorii systemów dynamicznych. Istotnym kontekstem były tu termodynamika nieliniowa Prirogine’a, synergetyka Hakena, teoria katastrof Thoma oraz homokinetyka Iberalla. Generalnie chodziło więc o to, aby zjawiska z zakresu systemów biologicznych interpretować jako regularności nieliniowych systemów dynamicznych.

Jeszcze w tej samej dekadzie pojawiają się prace Kelso<sup>45</sup> (w 1984), a rok później – Hakena, Kelso i Bunza<sup>46</sup>. Ta druga staje się klasyczną pracą przedstawiającą model i korelację między zmiennością fazową (w przypadku dwóch lub więcej kończyn) a koordynacją rytmiczną. Owa sięgająca do synergetyki Hakena linia badawcza rytmicznej koordynacji między kończynami stała się poważną linią badawczą, sięgającą po wiele aplikacji, a w tym również w zakresie muzyki. W tym czasie powstaje też książka Turveya napisana z Kuglerem *Information, Natural Law, and the Self-assembly of Rhythm*

---

zaproponowane przez Andrzeja Klawitera i oddające dobrze główną ideę Gibsona. Waław Petryński sugeruje, aby dla uporządkowania terminologii stosować słowo „sposobność”, utożsamiając „affordance”, oraz „opportunity”.

<sup>43</sup> Problem relacji Turveya do dorobku i koncepcji Nikołaja Bernsztejna (Bernsteina) jest osobno dyskutowany w literaturze przedmiotu, w szczególności w Polsce przez znakomitego znawcę i tłumacza prac Bernsztejna, Waław Petryńskiego. Wiele uwag na temat relacji między koncepcjami Gibsona i Bernsztejna, do których wpływu przyznawał się Turvey, zawdzięczam właśnie Waławowi Petryńskiemu. W 1982 roku Turvey razem z Tullerem i Fitchem publikują w trzech częściach pracę „The Bernstein Perspective” w wydanej pod redakcją Scotta Kelso książce *Human Motor Behavior. An Introduction*. W tym tekście przyjmuję angielską pisownię nazwiska rosyjskiego badacza znaną z literatury przedmiotu.

<sup>44</sup> Peter Kugler, Scott Kelso, Michael T. Turvey “On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence”, *Tutorials in motor behavior*, vol. 3: 47, 1980.

<sup>45</sup> Scott J. Kelso “Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination”, *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, vol. 246, iss. 6: r1000-r1004, 1984.

<sup>46</sup> H. Haken, J. A. S. Kelso, and H. Bunz “A theoretical model of phase transitions in human hand movements”, *Biological cybernetics*, vol. 51, iss. 5: 347-356, 1985.

*mic Movement* (1987). Trzy lata później powstaje z kolei praca pod prostym tytułem „Coordination”<sup>47</sup>. Koordynacja staje się ważna w odniesieniu do Turveya w wielu perspektywach. Pierwsza z nich to jego własny dorobek badawczy i rozwój naukowy. Od momentu wzrostu wagi teorii systemów dynamicznych i synergetyki koordynacja staje się istotnym przewodnikiem badawczych dokonań Michaela Turveya na jego drodze ku fizyce psychologii. Oczywiście fakt ten odnosi się przede wszystkim do tego, co mieści się w zakresie dwóch wspomnianych zasad psychologii ekologicznej. Pewien okres badań związanych z koordynacją podsumowuje znana książka Scotta Kelso z 1995 *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior* (1995). Książka ta jest jednocześnie spojrzeniem w kierunku nowego rozwoju paradygmatu dynamicznego, który w szczególności będzie widoczny po roku 2000.

Dagmar Sternad w artykule „Debates in Dynamics: A dynamical systems perspective on action and perception”<sup>48</sup> zastanawia się, jakie kierunki rozwoju tego paradygmatu ukształtowały się po 20 latach mijających wtedy od klasycznego tekstu z 1980 roku. Możemy wskazać pięć głównych dróg rozwojowych charakterystycznych dla tego czasu: 1) w kierunku poszerzenia modelowania synergetycznego (identyfikacja nowych parametrów kontroli); 2) w kierunku łączenia poziomów analizy; 3) w kierunku wzorcowania czasowego i zmienności koordynacji rytmicznej; 4) w kierunku sieci oscylatorów dla percepcyjnej i motorycznej synchronizacji złożonych rytmów muzycznych oraz 5) w kierunku synergii jako rdzeniowych modułów czy wzorcowych generatorów ze wskazanym atraktorem lub ograniczoną dynamiką cyklu. Te dwie dekady rozwoju to poszukiwania w zakresie teorii metastabilności, a więc wyjście poza multistabilności odkrywane na różnych poziomach<sup>49</sup>.

Dzisiaj po kolejnej dekadzie utrwalenia się nowych odkryć dotyczących percepcji i działania (dwa szlaki czy strumienie widzenia, hipoteza systemu neuronów lustrzanych u ludzi) oraz powszechnym stosowaniu nowoczesnych narzędzi badawczych, możemy dużo więcej powiedzieć na temat tego, czym jest koordynacja. Pojawiają się też nowe perspektywy i konsekwencje dla paradygmatu, którego ponad 30 lat temu współtwórcą był Michael Turvey. Najważniejszą aktualną perspektywą, skojarzoną z obecnym już w książce Scotta Kelso z 1995 łączeniem poziomów z wyraźniejszym wskazaniem na obecność mechanizmów mózgowych, jest możliwość skorzystania z nowej generacji narzędzi badawczych. Zanim jednak pojawiły się dokładniejsze prace dotyczące tych zagadnień, w 2004 roku ukazuje się zbiorówka pod redakcją Jirsy i Kelso będąca swoistym raportem o stanie paradygmatu *Coordination Dynamics: Issues and Trends*. W 2008 roku w artykule „Neuroimaging Coordination Dynamics in the Sport Sciences”<sup>50</sup> opublikowanym w czasopiśmie *Methods* Scott Kelso razem z Kelly’em

<sup>47</sup> Michael T. Turvey, „Coordination”, *American Psychologist*, 45 (1990): 938-953.

<sup>48</sup> Dagmar Sternad „Debates in Dynamics: A dynamical systems perspective on action and perception”, *Human Movement Science*, 19 (2000): 407-423.

<sup>49</sup> Dokładniej tę problematykę przedstawia Scott Kelso w artykule dla *Philosophical Transactions of Royal Society* zatytułowanym „Multistability and metastability: understanding dynamic coordination in the brain” [Phil. Trans. R. Soc. B (2012) 367, 906-918, doi:10.1098/rstb.2011.0351].

<sup>50</sup> Kelly Jantzen, Olivier Oullier, Scott Kelso „Neuroimaging coordination dynamics in the sports sciences. *Methods*, 45 (2008), 325-335 doi:10.1016/j.ymeth.2008.06.001

J. Jentzenem oraz z Olivierem Oullierem wskazują neuronalne podstawy koordynacji i jej wagę dla nauk o sporcie, wspierając się na rezultatach otrzymanych poprzez monitorowanie aktywności mózgu skanerem czynnościowym. Wykorzystanie tej metodologii badań to całkowita nowość, która zbiega się z publikacjami dotyczącymi z jednej strony właśnie neuronalnego wymiaru koordynacji, zaś z drugiej – próbujących podsumować wielopoziomowość analiz koordynacji, jak w znanej zbiorówce wydanej w tym samym roku pod redakcją Armina Fuchsa i Victora Jirsy *Coordination: Neural, Behavioral And Social Dynamics* (2008). Rok wcześniej ukazuje się rozdział autorstwa Jantzena i Kelso zatytułowany „Neural coordination dynamics of human sensorimotor behavior: A Review” zamieszczony w zredagowanej przez Jirse i McInstosha „Handbook on Brain Connectivity”, który stanowi przegląd wyników paradygmatu dynamicznego. W tym czasie ukazuje się cały szereg zbiorowych publikacji książkowych poświęconych kontroli motorycznej ukazujących zakres i wagę problematyki tej kontroli, a w tym – ujęcia dynamicznego jako propozycji paradygmatu i syntezy.<sup>51</sup>

Pod koniec poprzedniej dekady (w roku 1998 oraz 1999) pojawiły się prace firmowane przez Daniela Wolperta i Matsuo Kawato<sup>52</sup>, które proponowały podejście modułarne odwołujące się do wewnętrznych modeli kontroli (*internal model control*). Rozwinięty model kontroli motorycznej znany pod skrótową nazwą MOSAIC (*Modular Selection and Identification for Control*) został przedstawiony przez Haruno, Wolperta i Kawato w artykule „MOSAIC Model for Sensorimotor Learning and Control”<sup>53</sup> w 2001 roku. W tym samym roku Wolpert razem z Randallem Flanaganem przedstawiają w *Current Biology* pracę „Motor Prediction”<sup>54</sup>, która jest jednym z dwóch bardzo nas interesujących problemów z zakresu modelu MOSAIC w kontekście rozważań nad koordynacją i kontrolą motoryczną. W modelu tym tzw. *forward model* odgrywa rolę predyktora. Nasze omówienie zagadnienia koordynacji ruchów rozpoczynaliśmy od Bersteina w kierunku podejścia dynamicznego z pojęciem antycypacji. Drugi interesujący problem jest już obecny w tym artykule, ale dokładniej omówiony został w pracy „A unifying computational framework for motor control and social interaction”<sup>55</sup>, którą Wolpert i

---

<sup>51</sup> W pierwszej kolejności trzeba tu wymienić książkę podsumowującą dziedzictwo Nicolai Bernsteina pod redakcją Marka L. Latasha zatytułowaną *Progress in Motor Control: Bernstein's Traditions in Movement Studies* [Champaign, IL: Human Kinetics 1998]. Mark L. Latash jako redaktor dwóch książek i autor ostatnio wydanej autorskiej ma tutaj bardzo duże zasługi. Te książki to: *Motor control and learning* (razem z Franciem Lestienne) Springer 2006, *Motor control: theories, experiments, and applications* (razem z Frédéric Danion), Oxford University Press 2011 oraz autorska książka Latasha *Foundamentals of motor control* MIT Press 2012. Dodać tutaj wypada również książkę pod redakcją Dagmar Sternard *Progress in Motor Control. A Multidisciplinary Perspective* Springer 2009 oraz wreszcie zapowiadaną monografię Scotta Kelso *Foundations of coordination dynamics*.

<sup>52</sup> Chodzi tu o artykuł Wolperta i Kawato „Multiple paired forward and inverse models for motor control” [Neural Networks 11 (1998) 1317–1329] oraz artykuł „Multiple Paired Forward-Inverse Models for Human Motor Learning and Control” [Advances in Neural Information Processing Systems (1999) 11: 31-37] opublikowany przez tych dwóch badaczy razem z Masahiko Haruno.

<sup>53</sup> Masahiko Haruno, Daniel Wolpert, Matsuo Kawato, MOSAIC Model for Sensorimotor Learning and Control [Neural Computation 13, 2201–2220 (2001)].

<sup>54</sup> S. Randall Flanagan, Daniel Wolpert, Motor Prediction, [Current Biology 11(18): R729-732].

<sup>55</sup> Daniel Wolpert, Kenji Doya, Matsuo Kawato, artykule „A unifying computational framework for motor control and social interaction” [Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (2003) 358: 593–602].

Kawato opublikowali razem z Kenji Doya. W tym artykule zaproponowano hierarchiczny model MOSAIC (HMOSAIC) dla możliwości wykorzystania modelu kontroli motorycznej dla interakcji społecznych oraz opisu obserwacji działania, imitacji oraz teorii umysłu (w tym duchu kontroli motorycznej o mindreadingu będzie później pisał Gardenfors). W tym samym roku podsumowaniem tej problematyki jest wydana razem z Chrisem Frithem<sup>56</sup> zbiorówka *The neuroscience of social interaction: Decoding, influencing and imitating the actions of others* (Oxford University Press 2003). To jest właśnie problematyka, która połączy różne podejścia na drodze od koordynacji ruchowej i motorycznej poprzez kontrolę motoryczną do kooperacji. Dziedzictwo badań w perspektywie teorii systemów dynamicznych i samoorganizacji wraz z elementem ekologicznym oraz modele MOSAIC i HMOSAIC spotykają się w ostatniej dekadzie z nowym nurtem, dla którego kontrola motoryczna jest ważna z powodu wymiaru społecznego.

W ostatniej dekadzie, w kontekście wspomnianych odkryć w zakresie neuronauk<sup>57</sup>, możliwości monitorowania czynnościowego mózgu przez nowoczesne narzędzia oraz szczególnie szybkiego rozwoju koncepcji ucieleśnionego poznania<sup>58</sup>, rozwija się nurt

<sup>56</sup> Warto tu wspomnieć, że Chris Frith wraz z swoją żoną Utą Frith publikują w tym czasie (1999) artykuł przeglądowy w *Science* zatytułowany „Interacting Minds. A Biological Basis” [*Science* 26 November 1999 ol. 286 no. 5445 pp. 1692-1695, DOI: 10.1126/science.286.5445.1692]. Jest to publikacja o tyle ważna, że pokazuje kolejny nurt związany z badaniami prowadzonymi .in.. przez Di Paolo oraz De Jaegher (patrz: wywiad z nimi w tym numerze *AVANT* oraz ich artykuł „The interactive brain hypothesis” zamieszczony we *Frontiers in Human Neuroscience*, 07 June 2012 | doi: 10.3389/fnhum.2012.00163 ) oraz powstałym w tym roku projektem I laboratorium Interacting Minds w Aarhus (<http://interactingminds.au.dk/>), które zresztą w 2013 roku organizuje międzynarodową konferencję „Cooperation: Why, How, and With Whom”. Rozwijane są one razem z badaniami nad enaktywną intersubiektywnością (*enactive intersubjectivity*). W niniejszym tekście zagadnienia te zostały pominięte dla uzyskania obrazu badań nad koordynacją i kontrolą motoryczną w określonej linii ich rozwoju. Jeśli jednak dokładniej rozważyć tę problematykę tylko w ostatniej dekadzie, powinno tam się znaleźć miejsce na *interacting minds* oraz *enactive intersubjectivity* (zobacz *Enacting Intersubjectivity: A Cognitive and Social Perspective on the Study of Interactions*, F. Morganti, A. Carassa, G. Riva (red.), Amsterdam, IOS Press, 2008, patrz: <http://www.neurovr.org/emerging/volume10.html> ).

<sup>57</sup> Bardzo interesujący w tym kontekście jest artykuł z 2011 roku “Brain-to-brain coupling: a mechanism for creating and sharing a social world” [autorzy: Uri Hasson, Asif A. Ghazanfar, Bruno Galantucci, Simon Garrod i Christian Keysers] wskazujący na dwa rodzaje sprzężeń: środowisko-mózg oraz mózg-mózg i rozważający szczegóły sprzężenia: mózg inny mózg. Jednocześnie artykuł ten pokazuje, że badania w zakresie empirycznej semiotyki i biosemiotyki są również istotne dla uzyskania dokładniejszego obrazu sytuacji badawczej w interesującym nas zakresie w ostatniej dekadzie. Szczególnie ciekawe są tu ustalenia Bruno Galantucciego.

<sup>58</sup> W kontekście badań nad kontrolą motoryczną i koordynacją w ujęciu dynamicznym trzeba tu przede wszystkim wspomnieć publikacje Esther Thelen i Lindy Smith, poczynając od wspólnej książki *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action* [MIT Press 1994], poprzez (razem z Gregorem Schönerem, Christianem Scheierem) „The dynamics of embodiment: A field theory of infant perseverative reaching” [*Behavioral and Brain Science* 2001 24: 1–86], po artykuł samej Lindy Smith (po śmierci Thelen) „Cognition as a dynamic system: Principles from embodiment” [*Developmental Review* 25/2005 278–298] i wreszcie Smith z Michaeliem Gasserem „The Development of Embodied Cognition: Six Lessons from Babies” [*Artificial Life* 11:2005: 13–29]. Ważne były także publikacje oraz konferencje organizowane przez Wolfganga Tschachera. Warto tu wymienić jego książkę wydaną z Jean-Pierre’em Dauwalderem *The Dynamical Systems Approach to Cognition. Concepts and Empirical Paradigms Based on Self-Organization, Embodiment, and Coordination Dynamics*. W związku z kontrolą motoryczną i ucieleśnieniem powinienem tu jeszcze wspomnieć nazwisko Ricka Grusha (także ze względu na koncepcję emulacji) oraz Marca

badania wokół *joint action*. Koordynacja przenosi się tu na całe ciała w myśl tego, co głoszą tytuły publikacji Gunthera Knoblicha i Natalie Sebanz „Joint action: bodies and minds moving together”<sup>59</sup> (tutaj trzecim autorem jest Harold Bekkering) z 2006 roku oraz „Moving together: toward understanding the mechanisms of joint action”<sup>60</sup> z 2011 roku autorstwa Sukhvindera S. Obhi oraz Natalie Sebanz. Teksty te pokazują, że nasze umysły są bardzo mocno zespolone z motoryką i ciałem z jednej strony, zaś z drugiej – nasze ciała zestrzają się z innymi ciałami. Uzyskujemy jednocześnie wymiar ucieleśniony i społeczny *joint action*. W tym czasie wydano wiele specjalnych tomów czasopism oraz zorganizowano szereg konferencji na temat *joint action* (od 2005 roku co dwa lata organizowany jest tzw. JAM, czyli *Joint Action Meeting*). Ważnym ośrodkiem tych badań jest SOMBY (*The Social Mind and Body Group*) w Radboud University Nijmegen, Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour, pod kierunkiem Sebanz i Knoblicha. Nic więc dziwnego, że oba te nurty wskazujące na wagę relacji percepcji i działania oraz odwołujące się do ucieleśnionego poznania oraz kontroli motorycznej spotkały się w wielu tekstach i badaniach. W tym przypadku koordynacja zaczyna mieć swój wymiar społeczny. Kerry L. Marsh, Michael J. Richardson oraz R. C. Schmidt<sup>61</sup> w artykule „Social Connection Through Joint Action and Interpersonal Coordination”<sup>62</sup> wskazują na takie związki, natomiast w artykule z 2011 roku „Understanding social motor coordination”<sup>63</sup> R.C. Schmidt, Paula Fitzpatrick, Robert Caron oraz Joanna Mergeche pokazują, że dynamicznie i ekologicznie scharakteryzowana koordynacja odwołuje się do wspólnej bazy neuronalnej z *joint action*. Badania prowadzone w paradygmacie behawioralnej dynamiki koordynacji – od Michaela Turveya przed trzema dziesiątkami lat poczynając – są ważną składową perspektywą *joint action*, przynajmniej w zakresie koordynacji czasowej. Dużą pomocą eksplanacyjną jest tu możliwość odwoływania się do systemu neuronów lustrzanych. Ostatecznie oznacza to, że między badaną od 30 lat koordynacją ruchu w perspektywie teorii systemów dynamicznych oraz rozwijanymi w ostatnim dziesięcioleciu badaniami *joint action* istnieje ważna wzajemna zależność, która pozwala w sposób ciągły w perspektywie społecznej łączyć koordynację ruchową z *joint action*, a przez to z jednej strony otwierać badania koordynacyjne na nowoczesne narzędzia badawcze (przykładem jest artykuł zamieszczony w *Neuro Image* w 2012 roku „Electrophysiological signatu-

---

Jeanneroda (jak i jego książkę *Motor Cognition*), lecz ich nazwiska otwierają nowy obszar, przystający do problemów motoryki, mianowicie reprezentacji, reprezentacji ciała oraz świadomości. Rozwinięcie tej drogi doprowadziłyby nas także m.in. do prac Frederique De Vignemont – obecnej w tym tomie *AVANTU*. To jednak już odmienny obszar zagadnień.

<sup>59</sup> Natalie Sebanz, Harold Bekkering, Gunther Knoblich „Joint action: bodies and minds moving together”, *Trends in Cognitive Sciences* Vol.10 No. 2 February 2006.

<sup>60</sup> Sukhvinder S. Obhi, Natalie Sebanz, „Moving together: toward understanding the mechanisms of joint action”, *Exp Brain Res* (2011) 211:329–336 DOI 10.1007/s00221-011-2721-0.

<sup>61</sup> Często rozróżnia się teorie hierarchicznych mechanizmów kontroli oraz teorie dynamicznych mechanizmów kontroli (Berstein, Turvey, Kelso, Thelen). Richard Schmidt wymieniany jest właśnie jako reprezentant podejścia hierarchicznego.

<sup>62</sup> Kerry L. Marsh, Michael J. Richardson oraz R. C. Schmidt “Social Connection Through Joint Action and Interpersonal Coordination”, *Topics in Cognitive Science*, Volume 1, Issue 2: 320–339, April 2009.

<sup>63</sup> R.C. Schmidt, Paula Fitzpatrick, Robert Caron, Joanna Mergeche, „Understanding social motor coordination”, *Hum Mov Sci.* 2011 Oct;30(5): 834-45.

res of intentional social coordination in the 10–12 Hz range”<sup>64</sup> napisany przez Muhammada Naeema, Girijesha Prasada, Davida R. Watsona oraz J.A. Scotta Kelso), a z drugiej – w bardzo interesujący i pełniejszy sposób wyjaśniać działania w duecie (np. w tańcu), lub też wyjaśniać synchronizację ruchu z muzyką. W taki właśnie sposób perspektywa ekologiczna reprezentowana przez Turveya spotyka się z badaniami nad współdziałaniem prowadzonymi w ramach *joint action* (a także *interacting minds*). Jedno i drugie wzmacniają nurt ucieleśnionego poznania oraz ucieleśnionego umysłu.

W ten sposób będąca polem zainteresowania psychologii według inżynierów koordynacja ruchowa przestaje być tylko organizacją czy sposobem organizacji ruchu, motoryki człowieka, a staje się doświadczeniem. Psychologia według inżynierów nie jest tylko psychologią dla inżynierów. Jeśli teraz spojrzymy na artykuły Michaela Turveya dotyczące np. dynamicznego dotyku, ten z 1996 roku („Dynamic Touch”<sup>65</sup>), ale przede wszystkim ten z 2011 roku („Obtaining information by dynamic (effortful) touching”, to ukaże się dodatkowa perspektywa doświadczeniowa oraz multimodalna związana z integracją sensoryczną oraz rolą, jaką w niej odgrywa dynamika i motoryka. Jest to kolejny moment, kiedy możemy pokazać, jak kontrola motoryczna staje się motorycznym poznaniem (*motor cognition*). Dodatkowo badania te wpisują się w szerszy rozwijający się nurt badań nad dotykiem dynamicznym<sup>66</sup>. W dalszych badaniach nad koordynacją okazuje się, że ludzie nie tylko koordynują swoje ruchy z rytmami środowiska, ale także – co ważne – nie robią tego tylko w zakresie jednej modalności, lecz multimodalnie. We wrześniu 2012 roku ukazał się artykuł “Continuity of Visual and Auditory Rhythms Influences Sensorimotor Coordination”<sup>67</sup> autorstwa Manuela Varleta, Ludovica Marina, Johanna Issartela, R. C. Schmidta oraz Benoît G. Bardy’ego. Podkreśla się tam, że różnice między modalnością wzrokową i słuchową poprzez wsparcie na koordynacji z ruchem zyskuje na ciągłości, rytmy słuchowe i wzrokowe są zintegrowane i wzmacniają tę ciągłość. Badania tego typu są istotne dla sytuacji naszego życia codziennego, ponieważ pozwalają zrozumieć, na czym polega koordynacja ruchu z percypowanymi wzrokowo i słuchowo rytmami środowiska. Od strony metodologicznej zostały zapowiedziano je we wcześniejszym (2006) artykule Lagarde’a i Kelso „Binding of movement, sound and touch: multimodal coordination dynamics”<sup>68</sup>, gdzie pokazano, że koordynacja ta charakteryzuje się spójnością, ale też plastycznością. Nagła zmiana prowadzi do utraty spójności. Co ważne - pokazano, że w tej koordynacji między dźwiękiem, dotykiem i ruchem dochodzi do zestrojonych w uprzywilejowane kombinacje, np. dominacja dźwięku może rozszerzać się na dotyk. To pozwala na przejście z problematyki koordynacji ruchowej w perspektywie jej dynamicznej interpretacji do jeszcze jednego ważnego obecnie zagadnienia, mianowicie multimodalno-

<sup>64</sup> Muhammad Naeem, Girijesh Prasad, David R. Watson, J.A. Scott Kelso „Electrophysiological signatures of intentional social coordination in the 10–12 Hz range”, *Neuroimage*. 2012 Jan 16;59(2): 1795-803.

<sup>65</sup> Michael T. Turvey „Dynamic Touch”, *Am Psychol*. 1996 Nov;51(11): 1134-52.

<sup>66</sup> Michael T. Turvey, Claudia Carello „Obtaining information by dynamic (effortful) touching”, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2011 Nov 12;366(1581): 3123-32.

<sup>67</sup> Manuel Varlet, Ludovic Marin, Johann Issartel, R. C. Schmidt, Benoît G. Bardy “Continuity of Visual and Auditory Rhythms Influences Sensorimotor Coordination”, *PLoS ONE*, 7, (2012) e44082.

<sup>68</sup> Julien Lagarde, Scott Kelso “Binding of movement, sound and touch: multimodal coordination dynamics”, *Exp Brain Res*. 2006 Sep;173(4): 673-88.

ści sensorycznej oraz integracji międzymodalnej. Tutaj dysponujemy już ogromną literaturę przedmiotu i badaniami prowadzonymi w wielu ośrodkach m.in. przez Charlesa Spence'a i jego uczniów. Dla uzyskania jaśniejszej drogi wyводу pominąłem tutaj aplikacje oraz budowanie nowych paradygmatów w psychopatologii (np. odnośnie do schizofrenii).

Jako podsumowanie tej drogi rozwojowej zagadnienia koordynacji ruchowej w perspektywie paradygmatu teorii systemów dynamicznych można potraktować rozdział z książki *Progress in Motor Control* (2008, pod redakcją Sternad), który napisał Michael Turvey z Sergio Fonseą, zatytułowany „Nature of Motor Control: Perspectives and Issues”<sup>69</sup>. Autorzy wymieniają tam 12 podstawowych zagadnień dla zagadnienia kontroli motorycznej. Ich omówienie wymagałoby osobnego – i to znacznie obszerniejszego – opracowania. Każde z tych zagadnień można by analizować w szerszej perspektywie dojścia do dnia dzisiejszego, podobnie jak tu uczyniliśmy z istotnym dla Michaela Turveya zagadnieniem koordynacji ruchowej. W „Nature of Motor Control...” wskazano też cztery perspektywy, które autorzy odczytują jako źródła inspiracji: neuroanatomia, robotyka, samoorganizacja i rzeczywistość ekologiczna. Ze względu na ograniczone rozmiary niniejszego wprowadzenia do jakże ważnych i bogatych w konsekwencje badań Michaela Turveya wskazano tutaj tylko niektóre elementy z owych czterech perspektyw, wybierając te bardziej związane z charakterem całego tomu. Można by więc dalej pokazywać – np. w zakresie robotyki – wagę dokonań, jakie zapoczątkował Turvey przed trzema dziesiętkami lat. Nie wskazano jeszcze jednego nurtu, który nie jest domeną inżynierów, a swój początek bierze w myśli Francisco Vareli oraz książce „Embodied Mind” napisanej przez Varełę razem z Eleanor Rosch i Evanem Thompsonem. W punkcie dojścia tworzonego od tego czasu enaktywizmu, a zwłaszcza neurofenomenologii, stoją nowoczesne narzędzia i badania neuronaukowe oraz teoria systemów dynamicznych. Randall Beer pokazuje jeszcze inną drogę. Należy pod tym względem przeanalizować owe propozycje dokładniej, ponieważ – jak pokazują Nigel Stepp, Anthony Chemero oraz nasz bohater, Michael T. Turvey w artykule „Philosophy for the Rest of Cognitive Science”<sup>70</sup> – jest to propozycja paradygmatu dla nauk kognitywnych, a ściślej – dla kognitywistyki jako integrującej nauki kognitywne w zakresie wyznaczonym przez badania w perspektywie teorii systemów dynamicznych, koncepcji kontroli motorycznej oraz dopełniającego ujęcia poznania ucieleśnionego, a zwłaszcza w kontekście antycypacji i predykcji. Taka może być przyszłość nauk kognitywnych (kognitywistyki), a wskazywał do niej drogę przed ponad 30. laty Michael T. Turvey, korzystając z wcześniejszych wskazówek Bernsteina i Gibsona.

<sup>69</sup> Michael T. Turvey, Sergio Fonseca “Nature of Motor Control: Perspectives and Issues”. W: *Progress in Motor Control. A Multidisciplinary Perspective* pod red. Dagmar Sternad, Springer, 2009: 93-123.

<sup>70</sup> Nigel Stepp, Anthony Chemero, Michael T. Turvey „Philosophy for the Rest of Cognitive Science”, *Topic in Cognitive Science Topics in Cognitive Science*, Volume 3, Issue 2: 425–437, April 2011.



## Bibliografia

- Berstein, N. 1967. *The Coordination and Regulation of Movements*. Pergamon Press,
- Flanagan, S.R. i Wolpert, D. 2001. Motor Prediction. *Current Biology*, 11(18): 729-732.
- Haken, H. Kelso, S.J.A. Bunz, H. 1985. A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological cybernetics*, 51 (5): 347-356.
- Haruno, M. Wolpert, D. Kawato, M. 2001. MOSAIC Model for Sensorimotor Learning and Control. *Neural Computation*, 13: 2201-2220.
- Jantzen, K.J., & Kelso, J.A.S. 2007. Neural coordination dynamics of human sensorimotor behavior: A Review. In V.K Jirsa & R. MacIntosh (red.) *Handbook of Brain Connectivity*. Springer, Heidelberg: 420-461.
- Jantzen, K. Oullier, O. Kelso, S.J.A. 2008. Neuroimaging coordination dynamics in the sports sciences. *Methods*, 45: 325-335.
- Jirsa, V.K. & Kelso, J.A.S., Eds., 2004. *Coordination Dynamics: Issues and Trends*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- Kelso, S.J.A. 2012. Multistability and metastability: understanding dynamic coordination. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 367 (1591): 906-1018.
- Kelso, J.A.S. 1995. *Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior*. Cambridge, MA: The MIT Press
- Kelso, S.J.A. 1984. Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 246 (6): 1000-1004.
- Kugler, P. Kelso, S.J.A. Turvey, M.T. 1980. On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence, G. E. Stelmach i J. Requin, red. *Tutorials in motor behaviour*: 3- 47. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Kugler, P. N., i Turvey, M. T. 1987. *Information, natural law and the self-assembly of rhythmic movement*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lagarde, J. i Kelso, S.J.A. 2006. Binding of movement, sound and touch: multimodal coordination dynamics. *Experimental Brain Research*, 173(4): 673-88.
- Marsh, K.L. Richardson M.J. Schmidt, R.C. 2009. Social Connection Through Joint Action and Interpersonal Coordination. *Topics in Cognitive Science*, 1(2): 320-339.
- Naeem, M. Prasad, G. Watson, D.R. Kelso, S. J.A. 2012. Electrophysiological signatures of intentional social coordination in the 10–12 Hz range. *Neuroimage*, 59(2): 1795-1803.
- Obhi, S.S. i Sebanz, N. 2011. Moving together: toward understanding the mechanisms of joint action, *Experimental Brain Research*, 211(3-4): 329-336.
- Richardson, M.J. Shockley, K. Fajen, B.R. Riley, M.A. Turvey, M.T. 2008. Ecological Psychology: Six Principles for an Embodied-Embedded Approach to Behavior. P. Calvo i T. Gomila, red. *Handbook of Cognitive Science. An Embodied Approach*: 161-187. San Diego: Elsevier.
- Schmidt, R.C. Fitzpatrick, P. Caron, R. Mergeche, J. 2011. Understanding social motor coordination. *Human Movement Science*, 30(5): 834-845.

- Sebanz, N. Bekkering, H. Knoblich, G. 2006. Joint action: bodies and minds moving together. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2): 70-76.
- Stepp, N. Chemero, A. Turvey, M.T. 2011. Philosophy for the Rest of Cognitive Science. *Topic in Cognitive Science Topics in Cognitive Science*, 3(2): 425-437.
- Sternad, D. 2000. Debates in Dynamics: A dynamical systems perspective on action and perception. *Human Movement Science*, 19(4): 407-423.
- Tschacher W., Dauwalder J.P., red, 2003. *The Dynamical Systems Approach to Cognition: Concepts and Empirical Paradigms Based on Self-Organization, Embodiment and Coordination Dynamics*. Singapore: World Scientific.
- Turvey, M.T. i Carello, C. 2011. Obtaining information by dynamic (effortful) touching. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 366(1581): 3123-3132.
- Turvey, M.T. i Fonseca, S. 2009. Nature of motor control: perspectives and issues. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 629: 93-123.
- Turvey, M.T. 1996. Dynamic Touch. *American Psychologist*, 51(11): 1134-1152.
- Turvey, M.T. 1990. Coordination, *American Psychologist*, 45(8): 938-953.
- Wolpert, D. Doya, K. Kawato, M. 2003. A unifying computational framework for motor control and social interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 358(1431): 593-602.
- Wolpert, D. i Kawato M. 1998. Multiple paired forward and inverse models for motor control. *Neural Networks*, 11(7-8): 1317-1329.
- Varlet, M. Marin, L. Issartel, J. Schmidt, R.C. Bardy, B.G. 2012. Continuity of Visual and Auditory Rhythms Influences Sensorimotor Coordination. *PLoS ONE*, 7(9): e44082. doi:10.1371/journal.pone.0044082.