

<http://dx.doi.org/10.17951/kw.2017.21.99>

## Poznanie ucieleśnione w rzeczywistości wirtualnej

Tomasz Walczyk

Artykuł dotyczy sytuacji człowieka w obliczu wzrastającego znaczenia środowisk cyfrowych. Za punkt wyjścia badań obieram paradygmat poznania ucieleśnionego, którego wielkimi prekursorami byli Edmund Husserl, Maurice Merleau-Ponty oraz James Jerome Gibson. Stanowisko poznania ucieleśnionego, w tym zwłaszcza enaktywizmu, wykorzystuje do analizy relacji człowieka z interaktywnymi środowiskami wirtualnymi. Dodatkowo przeprowadzam klasyfikację wirtualnych fenomenów, z uwagi na różnorodność ich zastosowań.

Słowa kluczowe: rzeczywistość wirtualna, rzeczywistość rozszerzona, poznanie ucieleśnione, robotyka, enaktywizm, afordancja

Kategoria ciała stała się pod koniec XX wieku jednym z istotniejszych elementów refleksji nad poznaniem. Nurt poznania ucieleśnionego wyrósł w znacznej mierze ze sprzeciwu wobec tradycji marginalizującej znaczenie cielesności w poznaniu. *Cogito, ergo sum* – to słynna maksyma Kartezjusza, która przez wieki nadawała ton refleksji nad umysłem, wprowadzając do niej dualizm myśli i ciała oraz, co ważne, prymat rzeczy myślącej (*res cogitans*) nad rzeczą rozciągłą (*res extensa*). Okres powstania kognitywistyki, przypadający na lata pięćdziesiąte XX wieku, wiąże się z kolei ze sformułowaniem obliczeniowej teorii umysłu, w której umysł traktowany jako komputer, dokonuje operacji na podstawie danego uprzednio algorytmu. Z racji tego, że procesy obliczeniowe zachodzą w mózgu–

---

TOMASZ WALCZYK, magister, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, adres do korespondencji: ul. Rumiankowa 3/4, 11-041 Olsztyn; e-mail: [tomasz.walczyk@uwm.edu.pl](mailto:tomasz.walczyk@uwm.edu.pl)

komputerze, znaczenie reszty ciała w procesach poznawczych jest nieistotne. Krytyka tego typu podejścia, zaowocowała w latach dziewięćdziesiątych XX wieku sformułowaniem paradygmatu poznania ucieleśnionego, który, odrzucając metaforę komputerową, stworzył nową metaforę – „umysłu jako wspólnego tańca mózgu, pozaneuronalnych procesów cielesnych oraz środowiska”<sup>1</sup>.

W artykule zajmę się problematyką poznania ucieleśnionego, uwikłaną w kontekst rozwoju środowisk cyfrowych. Wyrażając aprobatę w stosunku do koncepcji poznania ucieleśnionego, przeprowadzę analizę środowisk cyfrowych oraz interfejsów wspomagających komunikację człowieka ze światem wirtualnym. Tak jak deska surfingowa pozwala unosić się człowiekowi na morskich falach, tak też wiele projektowanych obecnie urządzeń umożliwi sprawną eksplorację świata wirtualnego. Rozszerzenia możliwości naszych biologicznych ciał prowadzą jednocześnie do rozszerzenia zasięgu naszych możliwych działań oraz samych środowisk działania. Na nawigacyjną mapę, określającą aktualną pozycję człowieka i jego potencjalne możliwości, należy więc nanieść rzeczywistość wirtualną, wraz z bogatym wachlarzem jej różnorodnych przejawów i zastosowań.

### Ucieleśnione poznanie

Na nurt ucieleśnionego poznania, który w filozofii umysłu i kognitywistyce pojawił się pod koniec XX wieku, wpłynęły dokonania fenomenologów, między innymi Edmunda Husserla i Maurice’a Merleau-Ponty’ego. Jak podkreślał Husserl, każde perspektywiczne zjawisko wymaga zarówno czegoś, co się zjawia, jak też kogoś, komu to coś się jawi. „To, co się przejawia przestrzennie, ukazuje się zawsze z pewnej odległości i pod pewnym kątem, [...] nie istnieje żaden czysty punkt widzenia, żaden widok znikąd, istnieje tylko »ucieleśniony« (*embodied*) punkt widzenia. [...] podmiot posiada lokalizację przestrzenną jedynie dzięki swojemu »ucieleśnieniu«”<sup>2</sup>. Każde spostrzeżenie i każda interakcja z otoczeniem są więc nierozzerwalnie związane z ciałem, stanowiącym ich konieczny warunek. Co ważne, aktywność ciała jest ściśle powiązana z jego ruchliwością, stanowiącą

---

<sup>1</sup> B. Trybulec, *Fenomenologia a kognitywistyka – dwie metody analizy podmiotu poznania. Perspektywa współpracy i problemy*, „Filozofia i nauka. Studia filozoficzne i interdyscyplinarne” 2015, z. 3, s. 283.

<sup>2</sup> D. Zahavi, *Fenomenologia Husserla*, tłum. M. Świąch, Wydawnictwo WAM, Kraków 2012, s. 130.

kolejny istotny aspekt wpływający na proces konstytucji rzeczywistości spostrzeżeniowej. Na naszą cielesność składa się możliwość poruszania oczami, obracania głową, wprawiania w ruch naszych kończyn itp. Rzeczywistość spostrzeżeniowa jest nierozzerwalnie związana z doświadczeniami kinestetycznymi, czyli doświadczeniami pozycji i ruchu naszego ciała. „Różne zjawiska tylko wtedy bierzemy za prezentujące nam jeden i ten sam obiekt, kiedy mogą być dane w pewnej ciągłej syntezie, czyli kiedy istnieje między nimi płynne przejście. Zdaniem Husserla, świadomość tej ciągłości zakłada udział kinestezy”<sup>3</sup>.

Według Husserla, konieczna jest również analiza relacji między ciałem przedmiotowym, materialnym obiektem (*Körper*), a ciałem podmiotowym, żywym ciałem (*Leib*). Ciało przedmiotowe możemy badać w oparciu o własności, takie jak kształt, rozmiar, kolor lub położenie. Tak rozumiane ciało jest statycznym obiektem zewnętrznym. Wrażenia zmysłowe konstytuują zaś „moje ciało”, ciało będące swoistym polem wrażeń, będące moim „żywym ciałem”. „Ciało, naturalnie, jest także widziane jak każda inna rzecz, ale ciałem staje się ono tylko przez to, że jakby włożone są w nie wrażenia [powstające] przy dotykaniu, włożone są w nie wrażenia bólu itd., krótko mówiąc, przez zlokalizowanie [w nim] wrażeń jako wrażeń”<sup>4</sup>. Żywe ciało nie jest statycznym przedmiotem, a pierwotnym i dynamicznym „samo-przejawianiem się” ciała. Pierwotnie nie postrzegam mojego ciała jako przedmiotu; ja jestem moim ciałem. Doświadczam go jako jednolitego pola aktywności i źródła wrażeń oraz jako struktury wolicjonalnej („ja mogę”, „ja działam”), odpowiadającej za inicjowanie aktywności.

Merleau-Ponty, kolejny z wielkich fenomenologów, rozwija własną koncepcję cielesności, w której źródłowe doświadczenie świata to doświadczenie ciała osadzonego i działającego w świecie. „Ciało własne tkwi w świecie tak, jak serce w organizmie: stale podtrzymuje przy życiu widzialny spektakl, ożywia go i karmi od wewnątrz, tworzy z nim pewien układ”<sup>5</sup>. Ciało osadzone w środowisku warunkuje nasze doświadczenie, jest narzędziem konstytuującym sens, który wyłania się w interakcji ucieleśnionego bytu z otoczeniem. „Ciało własne jest źródłem wszystkich innych przestrzeni, samym ruchem ekspresji, tym co rzutuje znaczenia na

---

<sup>3</sup> Tamże, s. 132.

<sup>4</sup> E. Husserl, *Idee czystej fenomenologii i fenomenologicznej filozofii*, t. II, tłum. D. Gierulanka, PWN, Warszawa 1974, s. 214.

<sup>5</sup> M. Merleau-Ponty, *Fenomenologia percepcji*, tłum. M. Kowalska i J. Migasiński, Fundacja Aletheia, Warszawa 2001, s. 223.

zewnątrz, udzielając im miejsca, tym co sprawia, że zaczynają one istnieć jak rzeczy, pod naszymi rękami, przed naszymi oczami. [...] Ciało jest naszym ogólnym sposobem posiadania świata”<sup>6</sup>.

Istotnym pojęciem, którego filozof używa w *Fenomenologii percepcji* jest obok pojęcia ciała własnego (*corps propre*), pojęcie schematu ciała (*schéma corporel*). Zyskuje ono u Merleau-Ponty’ego dwa znaczenia. Po pierwsze, jako „streszczenie naszego cielesnego doświadczenia, które może wyjaśniać i nadawać znaczenie percepcji wewnętrznej oraz percepcji samego siebie w danej chwili”<sup>7</sup>; informowanie ucieleśnionego podmiotu o aktualnej pozycji ciała, ruchu kończyn i lokalizacji bodźców, wyrażające się w postaci przestrzennej, czasowej i sensomotorycznej jedności ciała, „mojego” aktualnego stanu w świecie. Drugie ujęcie schematu ciała nabiera charakteru dynamicznego i oznacza „postawę funkcjonalnie odniesioną do pewnego aktualnego lub możliwego działania”<sup>8</sup>. Percepcja i motoryczność są ze sobą nierozzerwalnie związane; każda zmiana pozycji ciała wpływa na percepcję, to zaś co jest percypowane, wpływa na zmianę pozycji ciała. „Dla Merleau-Ponty’ego motoryczność jest pierwotną intencjonalnością, którą kieruje ku konkretnym rzeczom w otoczeniu w kontekście aktualnego bądź zamierzonego działania. [...] Skutkiem tego w miejsce źródłowej formy świadomości »Ja myślę«, postawione zostaje ucieleśnione »Ja mogę«, które zawsze jest w świecie”<sup>9</sup>; można ująć to jeszcze dobitniej – „Ja działałem”. Ciało jest zakorzenione w środowisku działania i, co należy równie mocno podkreślić, jego aktywność w coraz większym stopniu bazuje na wykorzystywaniu narzędzi, których systematyczne użytkowanie dokonuje rekonfiguracji schematu ciała. Narzędzia stają się przedłużeniami naszych ciał własnych, odpowiadającymi za poszerzenie pola możliwych interakcji ze środowiskiem<sup>10</sup>.

Na powstanie paradygmatu poznania ucieleśnionego, w znaczącym stopniu wpłynęła również ekologiczna teoria percepcji Jamesa J. Gibsona, w tym teoria afordancji. Afordancją czegoś, zgodnie z intuicją twórcy terminu, nazwać można

---

<sup>6</sup> Tamże, s. 166.

<sup>7</sup> Tamże, s. 117.

<sup>8</sup> Tamże, s. 119.

<sup>9</sup> M. Pokropski, *Cielesna geneza czasu i przestrzeni*, IFiS PAN, Warszawa 2013, s. 44.

<sup>10</sup> Wątek ten jest istotny z uwagi na coraz szerszy zakres zastosowań środowisk cyfrowych i narzędzi pomocniczych, takich jak sondy kosmiczne, kamery umożliwiające transmisje na żywo i wiele innych.

„specyficzną kombinację własności substancji i powierzchni tego czegoś, w odniesieniu do zwierzęcia”<sup>11</sup>. Mówiąc w skrócie, są to sposobności do działania, zakotwiczone w relacji między materialną strukturą przedmiotu a cielesnością percypującego organizmu, swoiste oferty, które środowisko udostępnia ucieleśnionemu podmiotowi. „Według psychologii ekologicznej to, co ludzie i zwierzęta postrzegają, to, po pierwsze, układy w środowisku, czyli rozmieszczenie przedmiotów i powierzchni odpowiednio usytuowanych w stosunku do siebie i do podłoża. Po drugie, kształty przedmiotów. Po trzecie, postrzegają też siebie, czyli własną sytuację postrzegającego w danym rozmieszczeniu środowiskowym oraz możliwość poruszania się w nim. Po czwarte, zdarzenia jako rodzaje ruchów i zmian. Ostatecznie zaś to afordancje, czyli tak zwane oferty, możliwości skutecznego działania”<sup>12</sup>. Afordancje to więc własności relacyjne, oparte na wzajemnej interakcji ciała i jego zdolności sensomotorycznych z fizycznymi przedmiotami, posiadającymi takie własności jak kształt, rozmiar, położenie. Percypujący podmiot rozpoznaje afordancje przy pomocy wskazówek percepcyjnych pochodzących z otoczenia oraz dzięki niezmiennikom (*invariants*), które są zawarte w informacjach napływających ze środowiska<sup>13</sup>.

Fenomenologia Husserla i Merleau-Ponty’ego oraz ekologiczna teoria percepcji Gibsona stanowią istotne ogniwa w procesie powstawania paradygmatu poznania ucieleśnionego. Z uwagi na niejednorodność koncepcji wchodzących

---

<sup>11</sup> J. J. Gibson, *The Theory of Affordances*, [w:] *Perceiving, Acting and Knowing*, red. R. Shaw, J. Bransford, New York 1977, s. 67.

<sup>12</sup> K. Zahorodna, *Problem reprezentacji umysłowych w rozszerzonych systemach poznawczych*, Wydawnictwo Fundacji „Projekt Nauka”, Wrocław 2015, s. 74.

<sup>13</sup> Przykłady aformacji można z powodzeniem mnożyć. Struktura drzewa pozwala nam skryć się przed nadmiernym promieniowaniem słonecznym, ciepła woda w zbiorniku wodnym umożliwia nam komfortowe pływanie, a przy pomocy termometru określamy temperaturę otoczenia. Stosunkowo duży kamień może posłużyć nam do siedzenia, krzesło natomiast jest specjalnie do tego zaprojektowane. Środowisko, z jednej strony, samo przedstawia nam oferty, jednocześnie jednak ludzie rozszerzają zakres afordancji poprzez wytwarzanie własnych narzędzi. Dodatkową kwestią, jest swoista relatywność afordancji, jej ścisły związek z konkretnym ucieleśnionym bytem, jego budową i sensomotoryką. Komputer nie będzie oferował tych samych możliwości działania człowiekowi, mrówce czy delfinowi. Co ważne, również w przypadku gatunku ludzkiego, głównie poprzez kulturowe uwarunkowania, oferty środowiska mogą być w różny sposób odbierane przez ucieleśniony podmiot. Weźmy prosty przykład puszeki napoju. Dla człowieka żyjącego w kręgu kultury zachodniej będzie stanowić prosty sposób na ugastenie pragnienia, natomiast dla człowieka żyjącego w zamkniętej społeczności plemiennej, przedmiot może danej oferty nie przedstawiać. Środowisko jednak, we wszystkich opisywanych przypadkach niezmiennie pozostaje dawcą różnorodnych ofert.

w skład analizowanego nurtu, należy przedstawić krótką charakterystykę poglądów poszczególnych jego przedstawicieli. Shaun Gallagher w artykule *Interpretations of Embodied Cognition*<sup>14</sup> wymienia pięć stanowisk, wyróżnionych ze względu na stopień wpływu, jaki ciało wywiera na procesy poznawcze: minimalne ucieleśnienie (A. Goldman, F. de Viding), ucieleśnienie biologiczne (L. Shapiro), ucieleśniona semantyka (G. Lakoff, M. Johnson), ucieleśniony funkcjonalizm (A. Clark, D. Chalmers), radykalne ucieleśnienie (F. Varela, A. Noë, E. Thompson, S. Gallagher).

Szczegółową charakterystykę ogólnych założeń poznania ucieleśnionego zaproponowała w artykule *Six Views of Embodied Cognition*<sup>15</sup> Margaret Wilson. Jest zdaniem paradygmat ten bazuje na sześciu twierdzeniach: a) poznanie jest usytuowane; b) poznanie przebiega w czasie rzeczywistym (poznanie *on-line*); c) środowisko stanowi magazyn informacji; d) środowisko jest elementem systemu poznawczego; e) poznanie określone jest przez działanie; f) poznanie

---

<sup>14</sup> S. Gallagher, *Interpretation of Embodied Cognition*, [w:] *The Implications of Embodiment: Cognition and Communication*, red. W. Tschacher, C. Bergomi, Imprint Academic, Exeter 2010. Koncepcja minimalnego ucieleśnienia mówi, że ciało jest istotne w procesach poznawczych, należy jednak rozpatrywać je w oderwaniu od środowiska. Stanowisko ucieleśnienia biologicznego podkreśla rolę budowy i motoryki organizmu w procesach poznawczych. Teoria Lakoffa i Johnsona bada wpływ cielesności na formowanie się struktur semantycznych. Szczególnym mechanizmem scalającym doświadczenie i konceptualizację myśli jest metafora. Ucieleśniony funkcjonalizm pojmuje ciało jako część rozszerzonego systemu poznawczego, który składa się z mózgu, ciała i środowiska. Procesy poznawcze można bez problemu wzmacniać, dzięki zastosowaniu narzędzi, np. smartfona, dysku pamięci zewnętrznej itp. Ostatnim stanowiskiem jest radykalne ucieleśnienie (enaktywizm). Zdaniem przedstawicieli tego nurtu percepcja jest działaniem, a sensomotoryka organizmu odpowiada za przebieg większości procesów poznawczych. Enaktywiści zakładają, że poznanie przebiega nie tylko „w głowie”, ale rozproszone jest na ciało i środowisko zewnętrzne (podejście wspólne z założeniami ucieleśnionego funkcjonalizmu, z tą różnicą, że enaktywiści odrzucają pojęcie reprezentacji umysłowej; po co tworzyć problematyczną reprezentację wewnętrzną, skoro w prosty sposób można pozyskać informację z otoczenia. „Świat jest swoim najlepszym modelem”, jak twierdzi przedstawiciel ucieleśnionej AI, Rodney Brooks).

<sup>15</sup> M. Wilson, *Six Views of Embodied Cognition*, „Psychonomic Bulletin and Review” 2002, nr 9, s. 625–635. Poznanie jest usytuowane, kiedy przebiega w ścisłej relacji z otoczeniem. Przebieg procesów poznawczych zależy od aktywności ruchowej organizmu, która wpływa na zmianę dostarczanych podmiotowi informacji. Poznanie przebiega też pod presją czasu, co stanowi argument przeciwko reprezentacjonistycznym teoriom umysłu. Skoro podmiot ucieleśniony zmuszony jest działać szybko, nie ma czasu na budowanie modeli otoczenia; po informacje sięgać należy wprost do środowiska. Za prosty przykład posłużyć może tenisista, śledzący ruchy przeciwnika i trajektorię przemieszczającej się piłki. Środowisko stanowi trwałe wsparcie procesów poznawczych, a ciężar pracy poznawczej jest przeniesiony na otoczenie i wytwarzane narzędzia.

typu *off-line*, które nie jest interakcją ciała ze środowiskiem, wciąż przebiega jako oparte na ciele.

Laurence Shapiro twierdzi z kolei, że nurt ucieleśnionego umysłu bazuje na trzech głównych założeniach: konceptualizacji, zastępstwie i konstytucji. Kiedy mowa o konceptualizacji, badacz podkreśla wpływ budowy organizmu na formułowane przez organizm pojęcia, przy pomocy których podmiot ucieleśniony rozumie otaczający go świat. Oczywistą konsekwencją będzie wniosek, że różnice w budowie ciała wpływają na różnice w rozumieniu świata. Zastępstwo oznacza rezygnację z traktowania procesów poznawczych jako procesów reprezentacyjnych. Poznania nie należy utożsamiać z algorytmicznym procesem przeprowadzonym na symbolicznych reprezentacjach; procesy obliczeniowe i stany reprezentacyjne, zastąpione są przez działanie organizmu w środowisku. W ostatnim punkcie Shapiro podkreśla, że ciało ogrywa w procesach poznawczych rolę konstytucyjną, a nie jedynie przyczynową<sup>16</sup>.

Scalając szereg ujęć należących do nurtu poznania ucieleśnionego, warto podkreślić wpływ środowiska zewnętrznego na procesy poznawcze. Francisco Varela uznaje, że wyższe procesy poznawcze wyłaniają się z układu mózg–ciało–środowisko. „Krótko mówiąc, podejście enaktywistyczne składa się z dwóch elementów: (1) percepcja polega na kierowanym percepcyjnie działaniu oraz (2) struktury poznawcze wyłaniają się z powtarzalnych sensomotorycznych wzorów, które umożliwiają percepcyjne kierowanie działaniem”<sup>17</sup>. Podobnie jak u Merleau-Ponty’ego, procesem poznawczym jest proces konstytucji sensu, w oparciu o interakcję ucieleśnionego bytu ze środowiskiem. W przeważającej mierze, zwolennicy tego paradygmatu traktują środowisko zewnętrzne jako integralną część systemu poznawczego.

Należy przy tym zwrócić uwagę na przeobrażenia otoczenia podmiotu poznawczego dokonane w ostatnich dekadach. Dogłębnej analizy domaga się proces coraz silniejszego oddziaływania techniki na ludzkie procesy poznawcze, ukonstytuowanie się cyberprzestrzeni, w konsekwencji również masowa wymiana in-

---

<sup>16</sup> I. Shapiro, *Embodied Cognition*, Routledge, London 2011, s. 4–5. Shapiro objaśnia konstytucję podając przykład tlenu i jego konstytutywnej oraz przyczynowej funkcji. Tlen stanowi konstytutywny składnik wody, może jednakże stać się przyczyną wybuchu. Podobnie ciało – jest konstytutywnym składnikiem poznania.

<sup>17</sup> F. Varela, E. Thompson, E. Rosch, *The Embodied Mind*, MIT Press, Cambridge 1991, s. 173.

formacji czy możliwość ich magazynowania na zewnętrznych nośnikach. Wielkich zmian w środowiskach działania podmiotu może dokonać dalszy postęp w dziedzinie rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej. Korzystając z wielu cennych wskazówek dostarczonych mi przez przedstawicieli poznania ucieleśnionego, dokonam analizy ucieleśnionego podmiotu w kontekście rosnącego znaczenia cyberprzestrzeni i różnorodnych jej zastosowań. Jako kategorię źródłową obieram ciało wraz z jego sensomotorycznymi zdolnościami, które są niezbędne do skutecznej komunikacji ze środowiskiem cyfrowym. Rzeczywistość wirtualną traktuję jako przedłużenie, rozszerzenie środowiska działania człowieka. Oczywistą konsekwencją tego założenia jest wniosek, że wraz z rozszerzeniem się sfer ludzkiego działania, zwiększa się zakres afordancji oferowanych człowiekowi przez środowisko.

### Podmiot ucieleśniony w rzeczywistości wirtualnej

Kładąc nacisk na twierdzenie, że środowisko zewnętrzne jest elementem systemu poznawczego, należy jednocześnie podkreślić przeobrażenia dokonane w otoczeniu podmiotu. Niegdyś wyczerpująca wędrówka posłańca, dziś jest krótkim refleksem na tafli wirtualnego oceanu. Dawne, mozolne i dokonywane z niezwykłą pieczołowitością przepisywanie ksiąg obecnie sprowadzone jest do prostej komendy „kopiuj-wklej” lub „wyślij”. Komputer z dostępem do Internetu stał się przepustką do łatwej wymiany informacji przez całą dobę, przepustką do „nowego, elektronicznego świata”. Spektakl życia człowieka nie rozgrywa się już tylko na scenie realnego, fizycznego świata. Skonstruowano nowe sceny, na których odgrywamy coraz więcej różnorodnych scenariuszy. Obecnie jedną z takich scen jest świat, udostępniony na ekranie i głośnikach przez całą dobę, udostępniony dzięki danym zapisanych na serwerach. Marshall McLuhan trafnie ujął ten proces, mówiąc, że „kształtujemy nasze narzędzia, a potem one kształtują nas”. To człowiek stworzył komputer i ufundował na jego bazie rzeczywistość wirtualną. Jest to jednakże proces zwrotny, gdyż wymienione narzędzia kształtują również swego twórcę. Jak pisze David Kirsh, „dzięki teorii poznania ucieleśnionego możemy w nowy sposób myśleć o ciałach, umyśle oraz technologii. [...] Zapowiedzią zbliżających się zmian jest ucieleśniona koncepcja narzędzia”<sup>18</sup>. Synergia powstała

---

<sup>18</sup> D. Kirsh, *Poznanie ucieleśnione i magiczna przyszłość projektowania interakcji*, „Avant” 2013, nr 2, s. 282.

w wyniku sprzężenia człowieka z narzędziem wyraźnie wpływa na sam przebieg procesu poznawczego, percepcję, procesy myślowe i wyobrażeniowe. Użytkowanie narzędzia ma wpływ na poczucie granic własnego ciała oraz kształtuje środowisko enaktywne (*enactive landscape*). „Trzymając w ręce narzędzie, selektywnie postrzegamy te elementy otoczenia, które są istotne w uwagi na to narzędzie; akceptujemy zależne od narzędzia afordancje środowiskowe, zwiększamy nasze możliwości w zakresie eksploracji środowiska i wypróbowywania różnych jego elementów”<sup>19</sup>. Kirsh, zwraca ponadto uwagę na kwestię szczególnie istotną w przypadku procesów poznawczych realizowanych w cyberprzestrzeni. Do jakiego stopnia teleobecność i zdalna immersja wpłyną na poczucie granic ciała podmiotu oraz poczucie bezpośredniej interakcji ze środowiskiem? „Dzięki odpowiedniemu podłączeniu senso-motorycznemu człowiek – pomimo dzielącej go odległości – czuje jakby miał styczność z namacalnym, trwałym »środowiskiem enaktywnym«, w którym może działać, poruszać się i komunikować tak jakby był tam fizycznie obecny”<sup>20</sup>. Teleobecność i immersja to pojęcia istotne z punktu widzenia aktywności podmiotu w środowiskach generowanych komputerowo. W przypadku teleobecności nie może być jednak mowy o bezpośrednim kontakcie z odległym przedmiotem. Mamy oczywiście poczucie bliskości przedmiotu, wspomaganą możliwością interakcji z nim oraz zmianami, które zaobserwujemy na ekranie lub dźwiękami, które usłyszymy za pomocą głośników. Nie jest to jednak, odwołując się do Husserla, czysto percepcyjny sposób odniesienia do przedmiotu. Wśród trzech, wyróżnionych przez fenomenologa relacji do przedmiotu, mianowicie relacji sygnitywnej, imaginacyjnej i percepcyjnej, to ta ostatnia, jako jedyna, ma charakter relacji bezpośredniej, prezentującej przedmiot w jego obecności cielesnej (*leibhaftig*), źródłowej. Percepcja nie przedstawia więc obrazów, widoków rzeczy, a same rzeczy<sup>21</sup>. Na mocy tego rozróżnienia, mając jednocześnie na uwadze użytkowanie środowisk cyfrowych, należy klasyfikację Husserla uzupełnić o jeden dodatkowy rodzaj intencjonalnego odniesienia do przedmiotu.

---

<sup>19</sup> Tamże, s. 284–285.

<sup>20</sup> Tamże, s. 293.

<sup>21</sup> Por. S. Gallagher, D. Zahavi, *Fenomenologiczny umysł*, tłum. M. Pokropski, PWN, Warszawa 2010, s. 130–131. Sygnitywny sposób odnoszenia się do przedmiotów to akt językowy, występujący, kiedy mówimy o przedmiocie, którego nie widzieliśmy, ale o nim słyszeliśmy. Sprawą oczywistą jest to, że przedmiot taki nie prezentuje nam się w sposób pełny. Imaginacyjny (wyobrażeniowy) posiada pewną naoczną treść, odnosząc się jednakże do przedmiotu zaledwie pośrednio. Jako przykład może posłużyć fotografia danego przedmiotu.

Proponuję uwzględnić odniesienie telepercepcyjne, oznaczające zapośredniczony cyfrowo kontakt z przedmiotem, wsparty możliwością zdalnej interakcji. Intuicja podpowiada mi, aby odniesienie telepercepcyjne ulokować pomiędzy odniesieniem imaginacyjnym (wyobrażeniowym) a percepcyjnym<sup>22</sup>.

Współcześnie odniesienie telepercepcyjne do przedmiotu zaczyna odgrywać coraz większą rolę. Chcąc przeprowadzić wyczerpującą analizę poznania ucieleśnionego, nie można pominąć różnorodności zastosowań rzeczywistości wirtualnej i jej stale rosnącej popularności. Rzeczywistość wirtualną można ująć dwojako. „Po pierwsze – w szerokim znaczeniu – na określenie wszelkich interaktywnych środowisk cyfrowych generowanych komputerowo i po drugie – w znaczeniu węższym – na określenie systemów umożliwiających zanurzenie zmysłowe”<sup>23</sup>. Do enaktywnych środowisk działania podmiotu ucieleśnionego zaliczam wszelkie interaktywne środowiska cyfrowe generowane komputerowo (rzeczywistość wirtualna w szerokim sensie)<sup>24</sup>. W ślad za Piotrem Zawojkim<sup>25</sup>, traktuję rzeczywistość wirtualną jako przedłużenie czy też poszerzenie rzeczywistości fizycznej, choć należy równocześnie podkreślić jej ścisłą zależność od fizycznego nośnika (*hardware*). Rzeczywistość fizyczna jest ontycznie pierwotna, to dzięki niej rzeczywistość wirtualna może w ogóle powstać. Rzeczywistość wirtualna jest wykreowana przez człowieka i od jego aktywności zależna.

---

<sup>22</sup> Odniesienie telepercepcyjne, w przeciwieństwie do odniesienia percepcyjnego, nie może być źródłowe i bezpośrednie (z uwagi na zastosowanie pośredników, sztucznych filtrów, artefaktów); zarazem jest jednak bogatsze od odniesienia imaginacyjnego (wyobrażeniowego), ze względu na możliwości interakcji z postrzeganym otoczeniem. Odległy przedmiot możemy obrócić przy pomocy zdalnego robota, ujrzeć go z wielu perspektyw, ponadto zmierzyć, zważyć, zbadać skład itp. Fotografia czy rysunek nam tego nie umożliwiają. Mimo, że w stosunku do percepcyjnej relacji z przedmiotem, telepercepcyjna relacja jest wyraźnie zubożona, nie zmienia to faktu, że dzięki niej możemy sięgać dalej, być „teleobecni” na niedostępnych do niedawna obszarach, dokumentować spostrzeżenia na temat nieosiągalnych wcześniej przedmiotów. Telepercepcyjne odniesienie do przedmiotu jednocześnie odcina i rozszerza. Odcina nas od źródłowego kontaktu, jednocześnie dając nam możliwość zwiększenia zasięgu naszych mocy poznawczych.

<sup>23</sup> J. Gurczyński, *C:\> Czym jest wirtualność. Matrix jako model rzeczywistości wirtualnej*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2013, s. 116.

<sup>24</sup> Już zawartość pulpitu komputera jest prostym środowiskiem enaktywnym. Stopień złożoności wirtualnego środowiska enaktywnego, zależy od stopnia immersji, zaawansowania urządzeń wspierających komunikację z wirtualną sferą, jak również od zaprogramowanych zmiennych, które odpowiadają za skalę interaktywności czy jakość grafiki.

<sup>25</sup> Por. P. Zawojki, *Cyberkultura. Syntopia sztuki, nauki i technologii*, Poltext, Katowice 2010, s. 86.

Co zatem przemawia za tym, aby ten niesamoistny fenomen określać terminem „rzeczywistości”? Termin „rzeczywistość”, na co zwraca uwagę J. Gurczyński, przestał denotować wyłącznie świat fizyczny, „potrzebne jest więc – jak wskazuje A. Borgmann – wprowadzenie kwalifikatora do określania realnej rzeczywistości w odróżnieniu na przykład od rzeczywistości wirtualnej”<sup>26</sup>. Najlepszym rozwiązaniem, w celu odróżnienia rodzajów rzeczywistości, wydaje się użycie terminu – rzeczywistość fizyczna. Jest to, moim zdaniem, krok konieczny, aby uniknąć dalszych nieporozumień. Trudno obrać inną drogę, z uwagi na popularność terminu ukutego przez Jarona Laniera<sup>27</sup>.

„Rzeczywistość wirtualna jest komputerowo generowanym cyfrowym środowiskiem, w którym możemy realizować (ucieleśnione) działania napotykające opór i rozwiązywać problemy”<sup>28</sup>. Pojęciem rodzajowym (*genus proximum*) jest tu „środowisko działań”, natomiast różnicę gatunkową (*differentia specifica*) stanowi cecha „generowane komputerowo i cyfrowe”. Definicja ta jest jednak niekompletna, z uwagi na różnorodność zastosowań rzeczywistości wirtualnej oraz pojawiającej się na horyzoncie rzeczywistości rozszerzonej<sup>29</sup> (*augmented reality*). Interaktywne środowiska cyfrowe z powodzeniem wykorzystywane są obecnie w nauce, medycynie, edukacji, działaniach militarnych, czy też w rozrywce i codziennym życiu. Na użytek dalszej klasyfikacji posłużę się angielskim terminem

---

<sup>26</sup> J. Gurczyński, C:\> Czym jest wirtualność..., dz. cyt., s. 118.

<sup>27</sup> Alternatywne terminy również rodzą szereg wątpliwości: *artificial reality* (Myron Krueger), *virtual realism* (Michael Heim), *virtual environment* (używane w NASA i MIT), *virtual worlds* (University of North Carolina oraz University of Washington), *cyberspace* (William Gibson, autor powieści *Neuromancer*), *parallel universe* (Michael Benedict), *cyber world* (Hans Moravec), *virtual realm* (Margaret Morse), *synthetic environments* (William R. Sherman i Alan B. Craig), *infosphere* (Luciano Floridi), *virtual image spaces* (Oliver Grau), *virtual community* (Howard Rheingold), *electronic realis* (Michał Ostrowicki).

<sup>28</sup> Tamże.

<sup>29</sup> Rzeczywistość rozszerzona (AR) to odmiana rzeczywistości wirtualnej (VR). Technologie VR (w węższym sensie) całkowicie zanurzają użytkownika w środowisku syntetycznym. Podczas zanurzenia użytkownik nie widzi wokół niego świata fizycznego. W przeciwieństwie do tego AR pozwala użytkownikowi widzieć rzeczywisty świat, z wirtualnymi obiektami skomponowanymi ze światem fizycznym. Dlatego AR uzupełnia rzeczywistość fizyczną, a nie całkowicie ją zastępuje. Najlepszym przykładem obrazującym zastosowania rzeczywistości rozszerzonej jest wprowadzany obecnie na rynek system *HoloLens*. Por. R. T. Azuma, *A Survey of Augmented Reality*, „Presence” 1997, t. 6, z. 4, s. 355–356.

*realm*<sup>30</sup>. Na jego bazie sformułowałem nowy termin „wirtual”, który może przyczynić się do lepszego zrozumienia zjawiska wirtualności. Wirtual rozumiem jako konkretną, określoną kodem źródłowym sferę wirtualną, np. strona internetowa posiadająca swoją unikalną domenę, gra komputerowa, aplikacja mobilna. Wirtualne, czyli podstawowe struktury rzeczywistości wirtualnej (w szerokim znaczeniu), można sklasyfikować jako:

- A. Wirtual A (relacyjny) – system ten u swej podstawy charakteryzuje się silnym, nieusuwalnym związkiem przyczynowo-skutkowym z rzeczywistością fizyczną; tego typu przestrzeń wirtualna jest charakteryzowana przez ścisłą relację ze światem realnym. Pojęciem rodzajowym będzie tu „cyfrowe środowisko działań”, różnicą gatunkową zaś „reprezentowanie realności”. Egzemplifikacjami tego typu sfery wirtualnej są: internetowe serwisy informacyjne, większość sklepów internetowych, wirtualne konta bankowe, internetowe transmisje, obrazy cyfrowe dostarczane przez kamery, telekonferencje czy też cyfrowe reprezentacje umożliwiające interakcję i obserwację odległych obiektów ulokowanych w przestrzeni fizycznej, przy wsparciu zdalnych robotów transferujących dane (łazik *Curiosity* na Marsie, sonda *New Horizons*). **Wygenerowany komputerowo cyfrowy obiekt odsyła podmiot ucieleśniony do świata fizycznego.**
  
- B. Wirtual B (substytucyjny) – system substytucji, który zastępuje realność wirtualnością. Pojęciem rodzajowym jest „cyfrowe środowisko działań”, różnicą gatunkową zaś „substytucyjność, zastąpienie realności wirtualnością”. Przykłady: większość gier komputerowych, część dzieł sztuki interaktywnej. **Wygenerowany komputerowo cyfrowy obiekt odsyła podmiot ucieleśniony do świata wirtualnego.**
  
- C. Wirtual C (akumulacyjny) – system akumulacji, zwany inaczej rzeczywistością rozszerzoną, w którym reprezentacje cyfrowe stanowią rozszerzenie, uzupełnienie świata fizycznego. **Wygenerowany komputerowo cyfrowy obiekt odsyła podmiot ucieleśniony do korelatu świata fizycznego i wirtualnego.** Co istotne, reprezentacje te, spełniać mogą funkcje

---

<sup>30</sup> Termin ten oznacza pewną szczególną, unikalną sferę, dziedzinę, pole, w której coś występuje, przeważa lub dominuje, por. <http://www.dictionary.com/browse/realm> [dostęp: 21.05.2017].

przypisane wcześniej zarówno wirtualom A i B, czyli dostarczać informacji dotyczących świata fizycznego (nawigacja samochodowa) lub tworzyć czysto rozrywkowe środowiska działania, zbliżone do środowisk gier komputerowych (aplikacja *Pokemon GO*). Wirtual C podzielić można więc na dwie kategorie: system akumulacyjno-relacyjny (reprezentacja rozszerza realność o informacje, dotyczące ściśle świata fizycznego) oraz system akumulacyjno-substytucyjny (reprezentacja rozszerza realność o wirtualne obiekty stanowiące substytucję realności, stworzone tylko na potrzeby określonego modelu, nie mające większych związków ze światem fizycznym). Co ważne, w obu przypadkach, wirtual C nie odcina percepcji ucieleśnionego podmiotu od świata fizycznego, rozszerza natomiast realność o nałożenie cyfrowych reprezentacji. Jako przykłady posłużyć mogą system *HoloLens* i platforma *Windows Holographics*, system *GPS*, nawigacja samochodowa, aplikacja *Pokemon GO*, część dzieł sztuki interaktywnej itp.

Potrzeba powyższej klasyfikacji wynika z różnorodności zastosowań rzeczywistości wirtualnej oraz odmiennej specyfiki relacji cyfrowych obiektów do świata fizycznego. Wirtual A znajdzie zastosowanie przede wszystkim w nauce, czego nie można powiedzieć o wirtualu B, gdzie bezsprzecznie dominuje funkcja rozrywkowa. Wirtual C jednoczy zaś w swym obrębie funkcje obu wymienionych odpowiedników. Klasyfikacja ta jest, jak sądzę, istotna, gdyż precyzuje pewne nieścisłości, które mogą pojawić się w wyniku użycia terminu rzeczywistości wirtualnej.

Aktywność podmiotu ucieleśnionego w wirtualnych środowiskach enaktywnych, ulega nieustannym zmianom, gdyż przeobrażeniom i udoskonaleniom ulegają same środowiska cyfrowe, wraz z interfejsami odpowiedzialnymi za utrzymanie relacji człowieka ze światem wirtualnym. Rosnące moce obliczeniowe komputerów skutkują coraz większymi możliwościami graficznymi i szybszym transferem danych, co wpływa na wzrost atrakcyjności środowisk wirtualnych. Kierunek tego rozwoju zmierza w moim odczuciu, ku antynomicznym własnościom. Bliżej i dalej. Dalej i bliżej. Ma to związek z konstytutywnymi atrybutami rzeczywistości

wirtualnej – teleobecnością i immersją<sup>31</sup>. Z jednej strony, pragnienie bycia „teleobecnym” i eksplorowania za pośrednictwem stosownych narzędzi coraz bardziej odległych przestrzeni. Z drugiej, kusząca wizja jak najsilniejszego zanurzenia zmysłowego, możliwie jak najbliższego doświadczenia rzeczywistości wygenerowanej komputerowo.

Trafność koncepcji poznania ucieleśnionego, z powodzeniem ujawnia się przy próbie jej aplikacji na grunt problematyki środowisk cyfrowych. Świadczyć może o tym projektowanie coraz bardziej złożonych interfejsów, których twórcy mają na celu możliwie najsilniejsze uwikłanie sensomotoryki ciała w komputerowo wygenerowaną przestrzeń. Dla Merlau-Ponty’ego motoryka ciała jest pierwotną intencjonalnością; ciało warunkuje przestrzeń i czas, „jest naszym ogólnym sposobem posiadania świata”. Współcześnie świat ten zostaje rozszerzony o wirtualne środowiska enaktywne (wirtualne A, B i C). Własnością kanoniczną (aby w ogóle można było mówić o wirtualnym, enaktywnym środowisku) jest w tym przypadku interaktywność. Dzięki niej ucieleśniony podmiot ma możliwość wyboru, uczestniczy w modyfikacji formy i zawartości wirtualnej przestrzeni w czasie rzeczywistym. Na stopień zaawansowania tej przestrzeni wpływa „zakres interaktywności określony przez liczbę atrybutów, którymi można manipulować w zmediatyzowanym środowisku, jak również dostępną liczbę stanów każdego z atrybutów”<sup>32</sup>.

Sensomotoryka ciała ma kluczowe znaczenie w procesie sprzężenia podmiotu z rzeczywistością wygenerowaną komputerowo. Świadczyć o tym, może już obsługa prostych interfejsów, jakimi są mysz komputerowa i klawiatura. Aby interaktywne działania były możliwe, niezbędne jest do tego nasze ciało. W zaawansowanych systemach stopień zaangażowania sensomotoryki ciała wzrasta. Tele-

---

<sup>31</sup> Por. M. Heim, *Metaphysics of Virtual Reality*, Oxford University Press, New York 1993. Kiedy mowa o środowiskach cyfrowych, immersją określa się proces zanurzenia zmysłowego, który przebiega za pośrednictwem technologii. Zaawansowane systemy HMD (np. *Oculus Rift* czy *HTC Vive*) odcinają dopływ bodźców ze świata fizycznego, zastępując je bodźcami pochodzącymi ze środowiska wirtualnego. Teleobecność zaś, oznacza uczestnictwo w zdarzeniach na odległość. Zmysły odbierają zapośredniczone przez odpowiednie urządzenia bodźce (np. kamery, zdalne roboty), dzięki czemu możemy obserwować odległe środowisko i oddziaływać na nie z dystansu.

<sup>32</sup> J. Gurczyński, C:\> *Czym jest wirtualność...*, dz. cyt., s. 129.

percepcyjne odniesienie do przedmiotu sprawia, że możemy postrzegać z dystansu dany przedmiot i manipulować nim<sup>33</sup>. Specjalistyczne narzędzia umożliwiają nam interakcję z obiektami, których w normalnych warunkach nie mogliśmy spostrzec. Chociaż kontakt z przedmiotem nie jest źródłowy i osłabiony przez pośrednik (urządzenie), jest nadal wystarczająco silny, wzmacniany możliwością interakcji w czasie rzeczywistym. W ograniczonym stopniu, bazując na sformułowaniu Merleau-Ponty'ego, ciało nadal warunkuje sposób „posiadania” tego nienamacalnego, w dosłownym znaczeniu, odległego wycinka świata.

Do refleksji na temat wirtualnych środowisk działania z powodzeniem wcielić można również ekologiczną teorię percepcji wraz z pojęciem afordancji. Środowiska cyfrowe oferują wiele możliwości wyboru; część z nich związana jest ściśle ze światem fizycznym (np. internetowy serwis aukcyjny), część z czystym światem wirtualnym (afordancje są tu ograniczone do zaprogramowanego modelu, np. gry komputerowej). Przykłady te są różnymi rodzajami środowisk enaktywnych, niemniej jednak, w obu przypadkach kluczowa jest aktywność ucieleśnionego podmiotu.

Uważam, że paradygmat poznania ucieleśnionego jest niezwykle wartościowym punktem wyjścia do dalszych analiz środowisk cyfrowych. Współcześnie wirtualne sfery działania z coraz większym rozmachem wpływają na bogaty wachlarz aktywności człowieka. Pośredniczą zarówno w badaniach naukowych, jak też w codziennym życiu, stając się ważnym medium badawczym, komunikacyjnym i rozrywkowym. Coraz częściej zapośredniczamy swoją relację z otoczeniem, korzystając z technicznej bazy, komputera, swoistego portalu przenoszącego nas między odmiennymi środowiskami enaktywnymi (zarówno w świecie fizycznym, jak i wirtualnym). Z powodu rangi, jaką nadaliśmy technologii cyfrowej, należy bacznie przyglądać się dalszym postępom w tej dziedzinie i nie ustawać w wysiłkach ich dokładnego zrozumienia.

---

<sup>33</sup> W przypadku wirtuala A interakcja ograniczona będzie przede wszystkim możliwościami zdalnego urządzenia (np. zdalnego robota), w przypadku wirtuala B i C z kolei, stosowanym oprogramowaniem (granice interaktywności wyznacza kod źródłowy stworzony przez programistę).

## Bibliografia

- Azuma R. T., *A Survey of Augmented Reality*, „Presence” 1997, t. 6, z. 4.
- Gallagher S., *Interpretation of Embodied Cognition*, [w:] *The Implications of Embodiment: Cognition and Communication*, red. W. Tschacher, C. Bergomi, Imprint Academic, Exeter 2010.
- Gallagher S., Zahavi D., *Fenomenologiczny umysł*, tłum. M. Pokropski, PWN, Warszawa 2010.
- Gibson J. J., *The Theory of Affordances*, [w:] *Perceiving, Acting and Knowing*, red. R. Shaw, J. Bransford, New York 1977.
- Gurczyński J., *C:\> Czym jest wirtualność. Matrix jako model rzeczywistości wirtualnej*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2013.
- Heim M., *Metaphysics of Virtual Reality*, Oxford University Press, New York 1993.
- Husserl E., *Idee czystej fenomenologii i fenomenologicznej filozofii*, t. 2, tłum. D. Gierulanka, PWN, Warszawa 1974.
- Kirsh D., *Poznanie ucieleśnione i magiczna przyszłość projektowania interakcji*, „Avant” 2013, z. 2.
- Merleau-Ponty M., *Fenomenologia percepcji*, tłum. M. Kowalska i J. Migasiński, Fundacja Aletheia, Warszawa 2001.
- Pokropski M., *Cielesna geneza czasu i przestrzeni*, IFiS PAN, Warszawa 2013.
- Shapiro I., *Embodied Cognition*, Routledge, London 2011.
- Trybulec B., *Fenomenologia a kognitywistyka – dwie metody analizy podmiotu poznania. Perspektywa współpracy i problemy*, „Filozofia i nauka. Studia filozoficzne i interdyscyplinarne” 2015, z. 3.
- Varela F., Thompson E., Rosch E., *The Embodied Mind*, MIT Press, Cambridge 1991.
- Wilson M., *Six Views of Embodied Cognition*, „Psychonomic Bulletin and Review” 2002, t. 9, z. 4.
- Zahavi D., *Fenomenologia Husserla*, tłum. M. Święch, Wydawnictwo WAM, Kraków 2012.
- Zahorodna K., *Problem reprezentacji umysłowych w rozszerzonych systemach poznawczych*, Wydawnictwo Fundacji „Projekt Nauka”, Wrocław 2015.
- Zawojski P., *Cyberkultura. Syntopia sztuki, nauki i technologii*, Poltext, Katowice 2010.

<http://www.dictionary.com/browse/realm>

## Summary

### Embodied cognition in virtual reality

This paper concerns the human situation in the face of increasing significance of digital environments. As the starting point for my research I am adopting the embodied cognition paradigm, whose great precursors were Edmund Husserl, Maurice Merleau-Ponty and James

Jerome Gibson. I use the conception of embodied cognition, especially enactivism, to analyze the human relation with interactive virtual environments. In addition, I classify virtual phenomena, due to the variety of their applications.

Keywords: virtual reality, augmented reality, embodied cognition, robotics, enactivism, affordance

## Zusammenfassung

### Die verkörperte Erkenntnis in der virtuellen Wirklichkeit

Der Artikel behandelt die Situation des Menschen angesichts der zunehmenden Bedeutung der digitalen Umwelt. Für den Ausgangspunkt meiner Forschungen wähle ich das Paradigma der verkörperten Erkenntnis, dessen Wegbereiter Edmund Husserl, Maurice Merleau-Ponty und James Jerome Gibson waren. Der Standpunkt der verkörperten Erkenntnis, darunter vor allem des Enaktivismus, wird zur Analyse der Beziehungen des Menschen mit interaktiven virtuellen Kreisen benutzt. Darüber hinaus wird eine Klassifikation der virtuellen Erscheinungen im Hinblick auf die Vielfalt ihrer Verwendungen durchgeführt.

Schlüsselworte: virtuelle Wirklichkeit, erweiterte Realität, verkörperte Erkenntnis, Robotik, Enaktivismus, Affordanz

Information about Author:

TOMASZ WALCZYK, MA, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland; address for correspondence: ul. Rumiankowa 3/4, PL 11-041 Olsztyn; e-mail: [tomasz.walczyk@uwm.edu.pl](mailto:tomasz.walczyk@uwm.edu.pl)

