



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,  
INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ**

KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ

Praca dyplomowa magisterska

*Opracowanie prototypu interfejsu dla gier wykorzystujących pętlę  
afektywną*

*Development of a prototype interface for games based on the affective  
loop*

Autor:

*Kamil Osuch*

Kierunek studiów:

*Informatyka*

Opiekun pracy:

*prof. dr hab. inż. Grzegorz Jacek Nalepa*

Kraków, 2015

*Uprzedzony o odpowiedzialności karnej na podstawie art. 115 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (t.j. Dz.U. z 2006 r. Nr 90, poz. 631 z późn. zm.): „Kto przywłaszcza sobie autorstwo albo wprowadza w błąd co do autorstwa całości lub części cudzego utworu albo artystycznego wykonania, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do lat 3. Tej samej karze podlega, kto rozpowszechnia bez podania nazwiska lub pseudonimu twórcy cudzy utwór w wersji oryginalnej albo w postaci opracowania, artystycznego wykonania albo publicznie zniekształca taki utwór, artystyczne wykonanie, fonogram, wideogram lub nadanie.”, a także uprzedzony o odpowiedzialności dyscyplinarnej na podstawie art. 211 ust. 1 ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (t.j. Dz. U. z 2012 r. poz. 572, z późn. zm.): „Za naruszenie przepisów obowiązujących w uczelni oraz za czyny uchybiające godności studenta student ponosi odpowiedzialność dyscyplinarną przed komisją dyscyplinarną albo przed sądem koleżeńskim samorządu studenckiego, zwanym dalej «sądem koleżeńskim».”, oświadczam, że niniejszą pracę dyplomową wykonałem(-am) osobiście i samodzielnie i że nie korzystałem(-am) ze źródeł innych niż wymienione w pracy.*

*Serdecznie dziękuję ... tu ciąg dalszych podziękowań np. dla promotora, żony, sąsiada itp.*



## Spis treści

<b>1. Wstęp</b>	7
<b>2. Informatyka afektywna</b>	9
2.1. Emocje	9
2.2. Modele emocji	10
2.2.1. Modele kategoryzowane	11
2.2.2. Modele wymiarowe	12
2.3. Pętla afektywna	13
2.4. Gry z pętlą afektywną	14
<b>3. Specyfikacja komponentów interfejsu do rozpoznawania emocji</b>	17
3.1. Platformy pomiarowe	17
3.2. Możliwe mechanizmy do rozpoznawania emocji	20
3.3. Narzędzia do budowy gier	20
3.3.1. Godot	20
3.3.2. Unity	20
3.3.3. Unreal Engine	20
<b>4. Architektura</b>	21
4.1. Założenia architektury sprzętowej	21
4.2. Garmin HRM-Run	21
4.3. BITalino Revolution Kit	21
4.4. Dualshock 4	21
<b>5. Mechanizm predykcji emocji</b>	23
5.1. Zbiory danych	23
5.2. Przetworzenie danych	23
5.3. Wybór modelu	23
<b>6. Implementacja</b>	25
6.1. Podstawowe założenia	25
6.2. Implementacja gry	25

---

6.3.	Odczyt danych fizjologicznych i zmian emocji.....	25
6.4.	Domknięcie pętli afektywnej.....	25
<b>7.</b>	<b>Badania</b> .....	27
7.1.	Procedura eksperymentu .....	27
7.2.	Uczestnicy .....	27
7.3.	Analiza wyników .....	27
<b>8.</b>	<b>Podsumowanie</b> .....	29
8.1.	Wnioski.....	29
8.2.	Propozycje przyszłych prac .....	29

# 1. Wstęp

W ciągu ostatnich lat pojęcie sztucznej inteligencji przestało być tylko fenomenem, który dla większości społeczeństwa istniał pod postacią filmów lub powieści dotyczących maszyn posiadających świadomość. Od tamtego momentu człowiek zaczął znajdować zastosowanie sztucznej inteligencji w coraz większej liczbie dziedzin. Od maszyn przetwarzających w sposób automatyczny ogromne ilości informacji, aż po systemy gromadzące dane dotyczące użytkowników i na ich podstawie generują reguły, dzięki którym możliwe jest znalezienie rozwiązań i porad dopasowanych do danego użytkownika.

Co jest w tym wszystkim najistotniejsze, to fakt, że człowiek otacza się sztuczną inteligencją, nawet tego nie zauważając. Systemy rekomendujące, dopasowujące produkty z każdej tematyki do preferencji użytkowników [1], urządzenia nasobne monitorujące nasz stan zdrowia dzięki pomiarom parametrów życiowych i zbieraniu informacji na temat naszych nawyków [2], czy coraz popularniejsze systemy autonomicznej jazdy [3]. Sztuczna inteligencja z dnia na dzień coraz bardziej wnika w każdy aspekt życia człowieka.

Jednym z elementów, który odgrywa ważną rolę w życiu człowieka, a który coraz mocniej oparty jest o sztuczną inteligencję, są gry komputerowe. Choć początkowo były one traktowane wyłącznie jako rozrywka, to dziś coraz częściej są określane nawet jako pewna forma nauki konkretnych umiejętności [4]. Przykładem mogą być tutaj gatunek gier strategicznych, które uczą taktyki i zarządzania, a także gry logiczne pozwalające na rozwój logicznego myślenia. Warto tutaj wspomnieć także o grach poważnych [5], które nie skupiają się na aspektach rozrywkowych, a bardziej są formą edukacji i szkoleń przedstawionych w formie interaktywnej symulacji.

Pojęciem, które jest coraz szerzej widoczne w kontekście sztucznej inteligencji związanej przede wszystkim z tematyką komunikacji człowiek-komputer jest informatyka afektywna. Chociaż samo pojęcie istnieje już od ponad 20 lat [6], to dopiero w ciągu kilku ostatnich badań w tej tematyce stały się popularne [7]. Początkowo główną ideą tej dziedziny były systemy zbierające i analizujące dane na temat stanów emocjonalnych użytkowników. Ponieważ emocje nie mogą być kontrolowane poprzez działania człowieka, a jednocześnie można je opisać między innymi przy pomocy zmian fizjologicznych w ludzkim ciele, wykorzystanie informatyki afektywnej w systemach inteligentnych takich jak aplikacje rekomendujące czy systemy badające stan zdrowotny użytkowników pozwala na zwiększenie ich skuteczności działania.

W podobny sposób powstała próba powiązania dziedziny informatyki afektywnej z grami komputerowymi, tworząc nowy rodzaj gier, nazywanych grami afektywnymi. Główną ich ideą jest pomiar stanów

emocjonalnych wywoływanych na użytkownika w trakcie rozgrywki oraz dostosowywanie gry w czasie rzeczywistym do odczytanych reakcji gracza, tak aby zwiększyć doznania płynące z gry [8]. Dzięki temu każda gra może zostać w pewien sposób spersonalizowana na podstawie indywidualnych cech użytkownika.

Celem pracy jest opracowanie prototypu dwuczęściowego interfejsu umożliwiającego pomiar sygnałów pozwalających na określenie zmian stanów emocjonalnych gracza. Interfejs ma posłużyć do opracowania prototypów gier zawierających pętlę afektywną. W skład interfejsu będą wchodzić:

- zbiór urządzeń umożliwiających pomiary sygnałów wykorzystanych do określenia zmian emocji gracza
- moduł przygotowany w środowisku do tworzenia gier, który na podstawie zgromadzonych z urządzeń pomiarowych sygnałów będzie określał stan emocjonalny i zachowania użytkownika

Ważnym elementem pracy jest stworzenie gry zawierającej pętlę afektywną [9], która będzie wykorzystywała przygotowany interfejs. Po wykryciu zachowań oraz zmian stanów emocjonalnych użytkownika, stan gry jest aktualizowany.

Niniejsza praca składa się z 8 rozdziałów. W rozdziale 2 zostały przedstawione podstawy teoretyczne dotyczące informatyki afektywnej. Szczególny nacisk położono na tematykę gier afektywnych, przedstawiając wybrane istniejące rozwiązania, problemy i kierunki badań z tego zakresu. Rozdział 3 zawiera przedstawienie oraz analizę dostępnych sprzętowych platform pomiarowych, możliwych mechanizmów wnioskowania oraz narzędzi wykorzystywanych do budowy gier komputerowych. Ważnym elementem jest przedstawienie wad i zalet każdego z rozwiązań w kontekście tematyki pracy. Rozdział 4 jest podsumowaniem analizy platform sprzętowych z poprzedniego rozdziału. Przedstawione tu zostały podstawowe założenia, jakie powinny być spełnione przez wybraną grupę urządzeń pomiarowych, a także definiuje sprzęt wybrany podczas końcowej implementacji. W rozdziale 5 opisany został proces budowy modelu do rozpoznawania emocji. Omówione zostały wybrane zbiory danych, sposób ich przetwarzania, oraz budowa i wybór końcowego modelu na podstawie działania z dostępnymi danymi. Rozdział 6 jest jedną z najistotniejszych części pracy. Przedstawiono w nim proces implementacji utworzonej gry komputerowej z pętlą afektywną. Skupiono się na opisie interfejsu łączącego rozwiązania wybrane w poprzednich rozdziałach i sposobie jego wykorzystania wewnątrz gry. Następnie przedstawione zostały mechaniki pokazujące, w jaki sposób przygotowany moduł może wpłynąć na rozgrywkę tak, by sprzężenie zwrotne mogło zostać zamknięte. W rozdziale 7 opisany został sposób ewaluacji stworzonego rozwiązania oraz charakterystyka i proces przeprowadzonych eksperymentów. Ostatni rozdział stanowi podsumowanie niniejszej pracy. Zawiera wnioski dotyczące przygotowanego projektu, jego mocne i słabe strony. Opisane zostały także możliwe kierunki dalszego rozwoju projektu.



## 2. Informatyka afektywna

Informatyka afektywna (ang. *affective computing*) jest dziedziną informatyki, w której obliczenia są powiązane z emocjami, lub bezpośrednio na nie wpływają [6]. Głównym celem informatyki afektywnej jest rozpoznawanie oraz analiza emocji ludzkich, możliwość ich symulacji przez komputer, a także wpływanie na emocje użytkownika poprzez konkretne bodźce. Aby uzyskać taki efekt, informatyka afektywna jest silnie powiązana z dziedzinami takimi jak psychologia, fizjologia, czy kognitywistyka [10].

### 2.1. Emocje

Choć do dzisiaj nie ma jednej, uniwersalnej definicji czym są emocje, to środowisko naukowe ciągle przeprowadza badania na tematy powiązane z emocjami. Już w XIX wieku powstała teoria opracowana niezależnie przez Williama Jamesa oraz Carla Lange'a, w której emocję zdefiniowano jako interpretację reakcji cielesnej na zaobserwowany bodziec [11]. Obaj badacze przyjęli, że na konkretny czynnik człowiek reaguje najpierw reakcją fizjologiczną, która następnie zostaje przez niego przypisana do wzorca odpowiadającego danej emocji. Dla przykładu, jeśli człowiek znajdzie się w sytuacji, w której zobaczy zagrożenie, zaczyna się trząść i pocić, a jego tętno gwałtownie wzrasta, jego mózg natomiast interpretuje to jako strach.

Teoria Jamesa-Lange'a została zakwestionowana w latach dwudziestych XX wieku przez dwójkę naukowców, Waltera Cannona i Phillipa Barda. Zasugerowali oni, że odczuwanie emocji nie jest zależne od reakcji fizjologicznych, a raczej są to reakcje zachodzące jednocześnie jako odpowiedź na dany bodziec [12]. Teoria ta była bezpośrednim zakwestionowaniem badań przeprowadzonych przez Jamesa i Lange'a. Jej autorzy przeprowadzili badania na kotach, na podstawie których przedstawili, że to wzgórze jest obszarem mózgu odpowiedzialnym za reakcje emocjonalne na doświadczane bodźce. Cannon zauważył, że całkowite odcięcie wszystkich układów od mózgu nie zmienia zachowania emocjonalnego zwierząt, co kłóciło się z teorią Jamesa-Lange'a, według której koty powinny przestać wykazywać jakiegokolwiek reakcje emocjonalne.

Teoria Jamesa-Lange'a została ponownie podjęta przez Prinza, który przedstawił więcej dowodów na potwierdzenie tej teorii, jednocześnie opisując argumenty pokazujące, że reakcje fizjologiczne nie zawsze są wystarczające, lub w ogóle niepotrzebne do odczuwania emocji [13]. Zwrócił on między innymi uwagę na badania Hohmanna nad pacjentami z urazami rdzenia kręgowego [14], w których zauważono



(a) Teoria Jamesa-Lange'a, źródło: opracowanie własne na podstawie [11]



(b) Teoria Canona-Barda, źródło: opracowanie własne na podstawie [12]

**Rys. 2.1.** Graficzne porównanie teorii emocji Jamesa-Lange'a i Canona-Barda

efekty zarówno potwierdzające, jak i podające w wątpliwość teorię Jamesa-Lange'a. Hohmann zauważył, że u osób z urazem można zauważyć redukcję w odczuwaniu emocji, ale niektóre z nich wciąż były zauważalne. Prinz komentuje to jako zdolność mózgu do przewidzenia reakcji fizjologicznej na dany bodziec, co z kolei będzie skutkowało odczuwaniem emocji. Jest to możliwe dzięki wcześniejszym doświadczeniom. Tak jak człowiek, który stracił wzrok, jest w stanie wyobrazić sobie przedmiot, który kiedyś widział, tak samo mózg potrafi określić jaka reakcja fizjologiczna mogła nastąpić na dany bodziec.

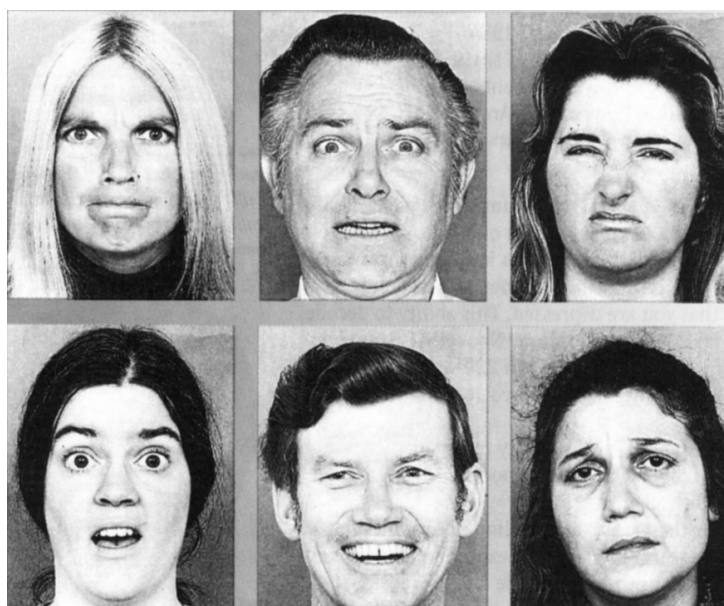
## 2.2. Modele emocji

Ponieważ emocje są pojęciem abstrakcyjnym, ich pomiar oraz analiza w informatyce afektywnej nie jest prosta i wymaga przyjętego modelu, który pozwoli na jednoznaczny pomiar emocji. Na przestrzeni lat powstało wiele modeli opisujących emocje, które można podzielić na dwie główne kategorie [15]:

- modele kategoryzowane, w których określony jest zbiór emocji reprezentowanych przez konkretne oznaczenia
- modele wymiarowe, w których emocje są reprezentowane przy pomocy zbioru miar określających ich własności.

### 2.2.1. Modele kategoryzowane

Do typu modeli kategoryzowanych zaliczają się przede wszystkim modele emocji bazowych. Na przestrzeni lat powstało wiele modeli różniących się od siebie ilością oraz rodzajami emocji. Przykładem może być tutaj model zaproponowany przez Oatley'a i Johnsona-Lairda, w którym proponują oni pięć podstawowych emocji: gniew, lęk, odraza, radość i smutek [16]. Jednym z popularniejszych modeli emocji bazowych, jest ten przedstawiony przez Ekmana. Razem z Friesenem przeprowadzili badania na plemieniu z Papui Nowej Gwinei. Członkowie plemienia byli w stanie zidentyfikować sześć emocji: strach, gniew, wstręt, smutek, szczęście i zaskoczenie (rys. 2.2) [17]. Kilka lat później do tej grupy Ekman dodał pogardę, aby odróżnić ją od wstrętu.

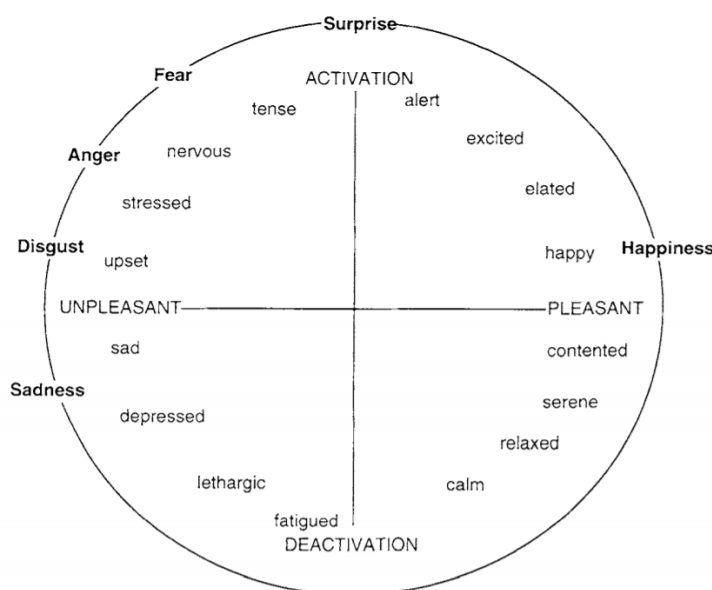


**Rys. 2.2.** Wyrazy twarzy odpowiadające sześciu emocjom zaproponowanym przez Ekmana, źródło: [17]

W modelach kategoryzowanych często nazywanych także modelami dyskretnymi emocje są niezależne od siebie. Ich dużą zaletą jest to, że automatycznie reprezentują ludzkie emocje dzięki łatwym do zrozumienia etykietom. Jednak w swojej pracy James Russell i Lisa Barret przedstawiają problemy, jakie można napotkać w tym typie modeli [18]. Pierwszym są różnice występujące w nazwach kategorii w zależności od języka. Każdy ze stanów emocjonalnych może być opisany na różne sposoby w zależności od języka. Różnice mogą wystąpić nie tylko w samym tłumaczeniu, ale nawet w ilości słów opisujących daną emocję. Drugim problemem jest to, że granice pomiędzy danymi kategoriami emocji często są rozmyte. Te same stany emocjonalne można wyrazić za pomocą różnych kategorii w zależności od różnic kulturowych, środowiskowych czy osobowościowych [15]. Trzecim przedstawionym problemem jest to, że każda z kategorii emocji, takich jak gniew, czy strach składają się z zestawu uporządkowanych w czasie, powiązanych ze sobą zdarzeń. W związku z tym takie emocje powinno traktować jako złożone procesy, które nie powinny być traktowane jako elementy atomowe.

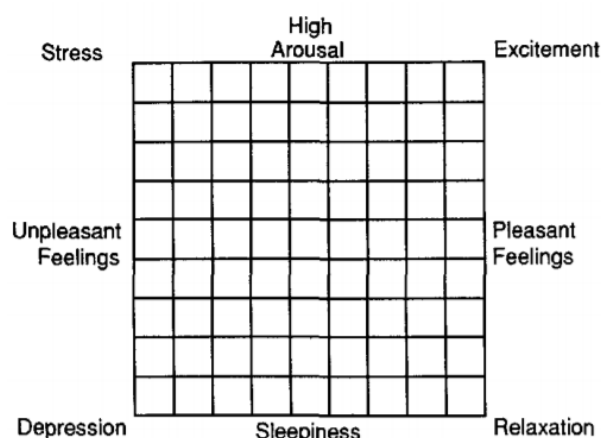
### 2.2.2. Modele wymiarowe

Russell w swoich badaniach zauważył jeszcze jeden istotny problem modeli dyskretnych. Ponieważ opisują one stany emocjonalne w sposób jednoznaczny, nie można określić poziomu odczuwania emocji. Jako przykład podaje porównanie strachu w trakcie przejażdżki kolejką górską a sytuacjami zagrażającymi życiu. W przypadku modeli dyskretnych w obu sytuacjach można jedynie określić odczuwanie emocji strachu, pomimo różniących się reakcji fizjologicznych. W ramach swoich badań Russel proponował model w kształcie okręgu, składający się z dwóch wymiarów (rys. 2.3). Pierwszym z nich jest poziom odczuwania przyjemności w modelu nazwany wartościowością (ang. *valence*). Odzwierciedlał on także pozytywność lub negatywność emocji. Niskie wartości odpowiadają emocjom takim jak smutek, stres, czy odraza, natomiast szczęście lub ekscytacja są opisane przez wysokie wartości wartościowości. Drugim wymiarem jest pobudzenie (ang. *arousal*), które opisuje natężenie danej emocji. Odczucia takie jak senność, depresja czy zrelaksowanie charakteryzują się niskimi wartościami pobudzenia, natomiast wartościom wysokim odpowiadają emocje takie jak ekscytacja, zaskoczenie, czy złość. Model został przedstawiony w formie koła, na którego brzegach opisane zostały podstawowe emocje. Warto wspomnieć, że nie jest to pierwszy model o strukturze kołowej. Sam Russel, chcąc pokazać uniwersalność swojego modelu, porównuje go między innymi z teoriami zaproponowanymi przez Watsona i Tellegena [19]. Tym, co wyróżniało model Russela, były przeprowadzone badania [20]. Russel wybrał 28 słów reprezentujących konkretne stany afektywne i przy pomocy trzech różnych technik przeskalował je, otrzymując zbliżone wyniki. Aby potwierdzić swoją teorię, przeprowadził eksperyment z grupą 36 osób, która miała przyporządkować wybrane słowa do ośmiu kategorii określających podstawowe stany emocjonalne, a następnie ułożyć te kategorie na modelu kołowym w taki sposób, aby przeciwne emocje znalazły się po przeciwnych stronach koła.



Rys. 2.3. Model wymiarowy zaproponowany przez Russela, źródło: [18]

Kilka lat później Russel wraz z Anną Weiss oraz Geraldem Mendelsohmem przedstawił propozycję jednopunktowej skali nazwaną Affect Grid, która miała służyć jako sposób szybkiej i prostej do analizy oceny stanów afektywnych wzdłuż wymiarów znanych z modelu Russela, wartościowości oraz pobudzenia [21]. Skala jest przedstawiona w formie siatki, gdzie oba wymiary określane są w zakresach od 1 do 9 w sposób ciągły. Początkowo miała ona mieć formę kołową, podobną kołowej struktury modeli emocji, jednak ostatecznie zrezygnowano z niej na rzecz siatki, która była znacznie prostsza do wyjaśnienia badanym osobom. W ramach sprawdzenia, czy przedstawiona skala w poprawny sposób odzwierciedla stany emocjonalne, przeprowadzono badania, w których wykorzystano między innymi słowa wybrane przy wcześniejszych badaniach Russela oraz zbiór zdjęć z wyrazami twarzy odpowiadającymi konkretnym stanom afektywnym. Zadaniem badanych było oznaczenie na skali poziomowi wartościowości i pobudzenia, które najlepiej odzwierciedlały dane słowo lub wyraz twarzy. Następnie wyniki porównano z innymi skalami opisującymi poziomy wartościowości i zauważono wysoki procent podobieństwa między nimi.

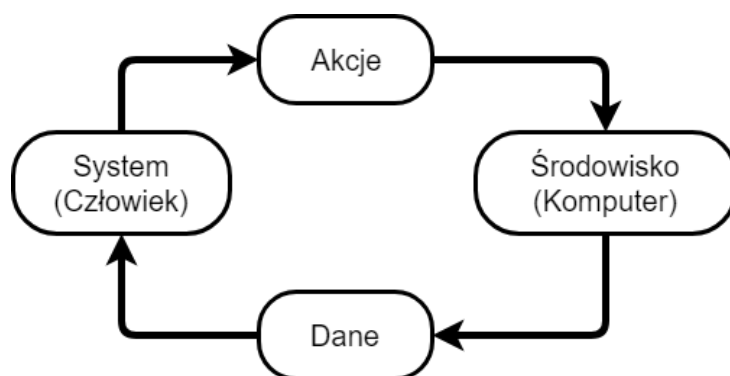


Rys. 2.4. Affect Grid, źródło: [21]

Model emocji przedstawiony przez Russela oraz skala opisana w Affect Grid stały się jednymi z bardziej popularnych form przedstawiania emocji w informatyce afektywnej. Ogromną zaletą jest przede wszystkim łatwość przetwarzania danych opartych na dwuwymiarowej skali, które określają dane stany emocjonalne. Skalę tę można zauważyć między innymi w zbiorach danych zawierających powiązania między reakcjami fizjologicznymi a odpowiednimi wartościami wartościowości i pobudzenia [22, 23].

## 2.3. Pętla afektywna

Do realizacji celów zakładanych przez informatykę afektywną [6] wykorzystywana jest pętla afektywna. To pochodzące z dziedziny Automatyki i Robotyki pojęcie zakłada, że system oraz środowisko są zaangażowane w ciągłą interakcję między sobą. Schemat pętli został przedstawiony na rysunku 2.5. Kristina Höök przedstawiła definicję pętli afektywnej w formie trzech kroków [9]:



**Rys. 2.5.** Cykl pętli afektywnej, źródło: opracowanie własne na podstawie [9]

1. Użytkownicy wyrażają emocje poprzez pewne interakcje obejmujące ich ciało, na przykład gesty czy inne akcje wpływające na środowisko.
2. Środowisko następnie odpowiada, generując elementy afektywne, używając na przykład kolorów, animacji czy innej formy, która może wpłynąć na użytkowników.
3. Elementy afektywne wpływają na reakcję użytkowników, co prowadzi do coraz większego ich zaangażowania w interakcję ze środowiskiem.

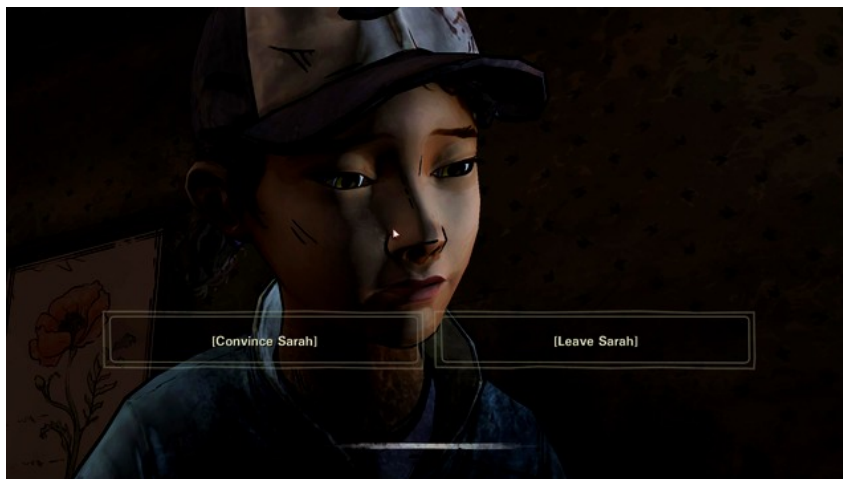
Jak widać, istotnym elementem pętli jest sposób określenia stanów emocjonalnych danej osoby. Spoglądając na rozwiązania praktyczne, można zauważyć, że duże znaczenie ma tutaj wykorzystanie sztucznej inteligencji do przewidywania emocji na podstawie reakcji fizjologicznych [24]. Wykorzystywane są tutaj przede wszystkim wcześniej opisane modele Ekmana [17] oraz Russela [20], które przedstawiają emocję w formie zrozumiałej dla komputera. Same emocje są natomiast przewidywane na podstawie odczytów reakcji fizjologicznych użytkowników, a także ich interakcji ze środowiskiem.

Określenie stanu emocjonalnego użytkownika oraz wzięcie pod uwagę jego interakcji ze środowiskiem pozwala na generację w środowisku sytuacji, które wpłyną na użytkownika tak, aby ten mógł zareagować w odpowiedni sposób i zwiększać swoje zaangażowanie w interakcję ze środowiskiem.

Dobrym przykładem systemów wykorzystujących pętlę afektywną są systemy świadome kontekstu takie jak afektywne odtwarzacze muzyki [25, 26], które na podstawie sygnałów odczytanych od użytkownika modyfikują listę piosenek do odtworzenia, w taki sposób, aby dopasować ją do aktualnego stanu emocjonalnego użytkownika i w jakiś sposób na niego wpłynąć.

## 2.4. Gry z pętlą afektywną

W ciągu ostatnich lat znacznie wzrosło zainteresowanie grami komputerowymi zawierającymi elementy informatyki afektywnej. Głównym celem tworzenia gier jest dostarczenie użytkownikowi rozrywki poprzez zwiększanie poziomu immersji [27], często również dzięki zapewnieniu wrażeń emocjonalnych. Końcowy odbiór zależy między innymi od takich elementów jak fabuła, mechaniki wykorzystane w trakcie rozgrywki, czy też szczegóły wizualne. Aby jak najlepiej zadowolić użytkownika,



**Rys. 2.6.** Przykład kluczowej decyzji w grze The Walking Dead, źródło: [30]

twórcy gier muszą także wykorzystywać najnowsze technologie, które mogą sprawić, że gracz będzie w stanie jeszcze mocniej odczuwać wrażenia płynące z rozgrywki.

Jednym z takich rozwiązań jest właśnie informatyka afektywna i wykorzystanie emocji do zwiększenia możliwości wpływania na grę. Eva Hudlicka w swoich pracach [28] wskazuje na kluczowe znaczenie emocji w projektowaniu gry. Wywołanie ich u gracza jest możliwe dzięki kluczowym momentom w fabule gry, interakcję z postaciami, do których użytkownik może się w pewien sposób odnieść emocjonalnie, czy nawet poprzez same mechaniki zaimplementowane w grze. Ten sam efekt można także uzyskać przez wygląd środowiska, w którym zostaje umieszczony gracz. Odpowiednie nacechowanie wykorzystanych kolorów, dźwięki otoczenia, czy budowa miejsca, w którym jest postać prowadzona przez gracza, mogą wpłynąć na to, jakie emocje odczuwa gracz. Idealnym przykładem są tutaj modyfikacje graficzne takich tytułów jak Minecraft czy The Elder Scrolls V: Skyrim. Zapewniają one tekstury wyższej jakości, zbliżone jak najbardziej do tego, co gracz może zobaczyć za oknem w realnym świecie. Pozwala to na zwiększeniu immersji poprzez dostarczanie graczowi jak najrealniejszych doświadczeń.

Taki sposób wpływania na emocje Hudlicka nazywa otwartą pętlą. W tym podejściu nie jest wymagane badanie reakcji gracza. Głównym celem jest wpłynięcie na emocje przy pomocy elementów świata gry. Istnieje wiele takich rozwiązań komercyjnych, które, choć wprost nie są nazywane grami afektywnymi, realizują opisane wyżej założenia. Doskonałym przykładem są tutaj gry przygodowe od studia Telltale Games, w których rozgrywka jest formą interaktywnego filmu. W trakcie rozgrywki gracz podejmuje kluczowe decyzje (rys. 2.6), które wpływają na to, jak potoczy się dalsza fabuła gry. Taka forma przedstawienia historii pozwala na zaangażowanie gracza w poznanie postaci i przywiązanie się do nich [29]. Dzięki temu, w kluczowych momentach, takich jak na przykład odejście czy śmierć bohatera, w graczowi mogą zostać wywołane adekwatne do wydarzenia emocje.

Drugim sposobem jest wykorzystanie odczuwanych przez gracza emocji do modyfikacji systemów zaimplementowanych w grze tak, aby dostosować je do potrzeb użytkownika i utrzymać jego zaangażowanie. Przykładem zamkniętej pętli, jak nazywany jest ta metoda przez Hudlicką, jest zmiana poziomu

trudności na podstawie samopoczucia gracza. Jeżeli jest on zdenerwowany czy przestraszony, poziom trudności zmniejsza się, natomiast gdy zaczyna on odczuwać nudę, stawiane są przed nim nowe wyzwania, które wzbudzą jego zainteresowanie grą. Zamknięta pętla może być także wykorzystywana w kontekście gier poważnych. Dla przykładu gry wykorzystywane w terapiach mogą na bieżąco monitorować stan emocjonalny użytkownika i modyfikować rozgrywkę w taki sposób, aby osiągnąć konkretny rodzaj emocji.

Ważnym aspektem, na który należy zwrócić uwagę, jest odpowiednie dobranie elementów sprzętowych wykorzystanych do określenia stanu emocjonalnego użytkownika. Ponieważ środowisko odbiorców gier komputerowych wykracza daleko poza aspekty naukowe, istotne jest to, aby urządzenia nie przeszkadzały w rozgrywce, a jednocześnie pozwalały na dokładne określenie, jakie emocje odczuwa gracz. W kolejnych rozdziałach niniejszej pracy omówione zostały przykłady takich urządzeń, wraz z ich zaletami i wadami w kontekście odczytywania emocji, oraz przystępności dla graczy poza warunkami laboratoryjnymi.

Choć świadome wykorzystanie gier afektywnych jest bardziej widoczne w środowisku naukowym i akademickim [31, 32], to producenci gier starają się powoli wprowadzać kontekst emocjonalny w komercyjnych rozwiązaniach jako dodatkowy element urozmaicający rozgrywkę [33, 34]. Jednym z głównych problemów jest niewielka ilość opracowań, w których omówione by zostały dostępne rozwiązania sprzętowe umożliwiające predykcję emocji, oraz to, w jaki sposób zaimplementować odczytywanie i reakcje na stany emocjonalne w środowiskach do tworzenia gier. Z tego właśnie powodu powstała idea opracowania platformy, która w prosty sposób może zostać wcielona do istniejącej już gry stworzonej w określonym oprogramowaniu do tworzenia gier.



### **3. Specyfikacja komponentów interfejsu do rozpoznawania emocji**

Celem pracy jest opracowanie prototypu interfejsu umożliwiającego pomiar sygnałów pozwalających na określenie zmian stanów emocjonalnych gracza. W związku z tym na jeden z elementów niniejszej pracy składa się przegląd możliwych rozwiązań użytych w poszczególnych komponentach interfejsu. W tym rozdziale skupiono się głównie na przedstawieniu urządzeń do pomiaru sygnałów umożliwiających określenie stanu emocjonalnego użytkownika, mechanizmach wnioskowania, które mogą zostać użyte podczas budowania modelu do rozpoznawania emocji, oraz silnikach do budowy gier, przy pomocy których zostanie wykonany końcowy interfejs wraz z grą.

#### **3.1. Platformy pomiarowe**

Pomiar sygnałów umożliwiających rozpoznawanie emocji jest jednym z najważniejszych elementów w pętli afektywnej. Obecnie dostępnych jest wiele platform umożliwiających wykonanie takich pomiarów i można je podzielić na dwie główne kategorie: urządzenia służące do odczytu sygnałów fizjologicznych użytkownika oraz sprzęt, z którego można odczytać sygnały pośrednie, na podstawie których można określić stan użytkownika.

Na pierwszą kategorię składają się między innymi platformy klasy medycznej umożliwiające dokładne pomiary odczytów z ludzkiego ciała. Jednym z takich urządzeń jest Neurobit Optima. Jest to przenośny sprzęt umożliwiający pomiar sygnałów takich jak praca serca, mózgu, ruchów mięśni, reakcji elektrodermalnej czy nawet temperatury skóry [35]. Ogromną zaletą urządzenia są wielofunkcyjne kanały pomiarowe, które użytkownik może dostosować do swoich potrzeb [35]. Atutem, na który warto zwrócić uwagę z perspektywy wykorzystania w informatyce afektywnej, jest gotowe oprogramowanie dostępne od producenta oraz wbudowany interfejs Bluetooth, dzięki któremu urządzenie może być przenośne. Pomiary z Neurobit Optima charakteryzuje wysoka dokładność i stabilność pomiarów. Podobnym do niego urządzeniem jest NeXus-10, który podobnie jak Neurobit Optima pozwala na pomiar pracy serca i reakcji elektrodermalnej, posiada wbudowany interfejs Bluetooth oraz jest do niego dołączane gotowe oprogramowanie. Niestety ogromną wadą jest waga i rozmiar urządzenia, które wpływają na wygodę podczas użytkowania. W kontekście gier afektywnych potencjalnym słabym punktem urządzeń

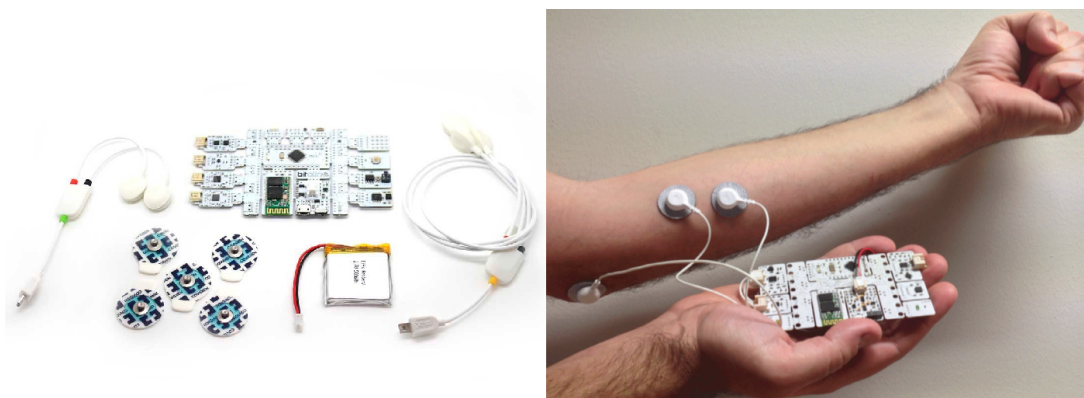


**Rys. 3.1.** Urządzenie Neurobit Optima, źródło: [35]

klasy medycznej może być także ich inwazyjność. Choć w ciągu ostatnich lat środowisko sprzętowe wyszło daleko poza standardowy komputer czy konsole, to część z graczy może nie zaakceptować urządzeń kojarzonych z medycyną jako części stanowiska do gier. Jednym z problemów są tutaj szeroko wykorzystywane elektrody, które, choć umożliwiają dokładne pomiary sygnałów fizjologicznych, są kojarzone jednak głównie ze środowiskiem medycznym.

W kontekście platform do pomiarów sygnałów fizjologicznych w informatyce afektywnej można zauważyć wzrost zainteresowania urządzeniami nasobnymi [36]. Ich wyraźną zaletą jest rozmiar i przenośność, dzięki czemu ruchy użytkownika nie są w żadnym stopniu ograniczone. Najbardziej rozpowszechnionym, a jednocześnie jednym z tańszych rozwiązań, są inteligentne opaski, takie jak Xiaomi Mi Band czy Microsoft Band [36]. Oba z wymienionych urządzeń posiadają wbudowany optyczny sensor pulsu [37, 38], drugie natomiast posiada także sensor do pomiaru reakcji elektrodermalnej [38]. Inną, mniej popularną opaską, jest Empatica E4, która poza sensorami dostępnymi w Xiaomi Mi Band i Microsoft Band posiada sensor do pomiaru temperatury skóry [39]. Warto wspomnieć też o wbudowanych w urządzenia sensorach ruchu używanych między innymi do zliczania kroków mogących posłużyć jako sygnał pośredni, na podstawie którego można wykryć poziom aktywności użytkownika. Niestety ogromną wadą inteligentnych opasek jest ogromna niedokładność pomiarów w porównaniu do odczytów ze sprzętów klasy medycznej. Odczyty z opasek charakteryzują się odczytami mocno odbiegającymi od pomiarów wykonanych przy pomocy sprzętu medycznego [36, 40].

Innymi urządzeniami nasobnymi charakteryzującymi się większą dokładnością, do których często porównuje się odczyty z innych urządzeń do pomiaru pracy serca [36, 40], są monitory tętna Garmin HRM-Run oraz Polar H10. W przeciwieństwie do optycznego sensora wbudowanego w inteligentne opaski są one wyposażone w suche elektrody wbudowane w pasek zakładany na klatkę piersiową [41, 42]. Jest to rozwiązanie, które nie jest inwazyjne dla użytkownika, a jednocześnie pozwala na dokładny pomiar pracy serca. Ważną zaletą obu urządzeń jest nie tylko wsparcie dla standardu Bluetooth, ale także



**Rys. 3.2.** BITalino (r)evolution kit oraz przykład podłączenia sensora do pomiaru ruchu mięśni, źródło: [35]

dla protokołu ANT+ wykorzystywanego w coraz większej liczbie urządzeń do pomiarów aktywności użytkownika<sup>1</sup>, do którego twórcy udostępniają również gotowe implementacje interfejsów do odczytywania pomiarów, dzięki którym w prosty sposób możliwe jest zbudowanie aplikacji interpretujących wysyłane dane.

Rozwiązaniem będącym pomostem między kosztownymi platformami medycznymi a często niedołącznymi urządzeniami nasobnymi jest platforma BITalino (r)evolution kit [43]. Jest to urządzenie modułowe, składające się z płytki stanowiącej rdzeń urządzenia, do której mogą zostać podpięte oddzielne moduły do pomiarów sygnałów fizjologicznych (rys. 3.2). Na liście dostępnych sensorów znajdują się te odpowiadające za pomiar akcji serca, reakcji elektrodermalnej skóry, czynności ruchowej mięśni oraz aktywności mózgu. Każdy z modułów może zostać podłączony do dowolnego kanału urządzenia, natomiast pomiary odbywają się poprzez podłączenie do drugiej strony modułów kabli, na których końcu znajdują się elektrody. Co więcej, poza modułami służącymi do pomiaru reakcji fizjologicznych użytkownika, na liście dostępnych segmentów znajdują się także akcelerometr, sensor światła, dioda LED, brzęczyk, oraz przycisk, które mogą posłużyć do odczytu pomiarów pośrednich czy informowania użytkownika o zdarzeniach. Dzięki temu platforma BITalino może służyć nie tylko jako urządzenie wykorzystywane do pomiarów, ale również do interakcji z grą. Bardzo dużą zaletą BITalino z perspektywy informatyki afektywnej jest dostępność narzędzi przygotowanych przez twórców, a także ogromna ilość implementacji interfejsów do komunikacji z urządzeniem. Twórcy na swojej stronie udostępniają biblioteki dla wielu popularnych języków programowania takich jak Python, C# czy Java, oraz konkretne implementacje z przykładami dla środowisk takich jak silnik do gier Unity. Dodatkowym plusem jest fakt, że większość tych implementacji jest oprogramowaniem otwartym, w związku z czym mogą być one rozszerzane i naprawiane przez społeczność korzystającą z platformy.

Do wspomnianej na początku drugiej kategorii urządzeń, z których możliwe jest odczytanie sygnałów pośrednich wykorzystanych do określenia stanu użytkownika, można przede wszystkim zaliczyć

---

<sup>1</sup><https://www.thisisant.com/directory>

sprzęty wykorzystywane przez graczy. Mowa tutaj między innymi o myszkach, klawiaturach czy padach, z których możliwe jest odczytanie intensywności kliknięć lub odczyt szybkości poruszania myszką na podstawie jej pozycji na ekranie [44]. Szczególną uwagę należy poświęcić padowi Dualshock 4 od firmy Sony, który w przeciwieństwie do większości spopularyzowanych kontrolerów do gier posiada wbudowany akcelerometr oraz żyroskop, które mogą posłużyć jako dodatkowe źródło informacji do określenia stanu emocjonalnego użytkownika [45]. Niestety ze względu na umowy licencyjne oprogramowanie umożliwiające odczyt tych parametrów z pada, jest płatne, co można zaliczyć jako wadę tego rozwiązania z perspektywy twórcy aplikacji wykorzystującej funkcjonalności Dualshocka.

## **3.2. Możliwe mechanizmy do rozpoznawania emocji**

Opis modeli predykcji (random forest, extra trees, SVM, sieci neuronowe), krótko

## **3.3. Narzędzia do budowy gier**

### **3.3.1. Godot**

### **3.3.2. Unity**

### **3.3.3. Unreal Engine**

## **4. Architektura**

### **4.1. Założenia architektury sprzętowej**

Prostota w obsłudze, wygoda użytkownika

### **4.2. Garmin HRM-Run**

Krótko o urządzeniu, co odczytujemy, dlaczego to a nie n.p. BITalino

### **4.3. BITalino Revolution Kit**

Krótko o urządzeniu i możliwościach, dlaczego tylko EMG (elektrody, nadmiar kabli, ogólne wady i zalety)

### **4.4. Dualshock 4**

krótko o urządzeniu, wykorzystanie akcelerometru do odczytu pobudzenia gracza



## **5. Mechanizm predykcji emocji**

### **5.1. Zbiory danych**

Jakie datasety, krótki opis

### **5.2. Przetworzenie danych**

Opis preprocessingu, wykorzystane cechy

### **5.3. Wybór modelu**

Ewaluacja w hyperopt, statystyki skuteczności, ostateczny wybór modelu





## **6. Implementacja**

### **6.1. Podstawowe założenia**

Krótki opis gry i podstawowych mechanik

### **6.2. Implementacja gry**

Opis gry, które elementy za co odpowiadają

### **6.3. Odczyt danych fizjologicznych i zmian emocji**

Opis elementów do odczytu emocji i EMG, odczyty z cheststrapa, komunikacja z serwerem

### **6.4. Domknięcie pętli afektywnej**

Mechaniki, reakcja na konkretne emocje i odczyty z EMG, jak działa wersja bez emocji



## **7. Badania**

### **7.1. Procedura eksperymentu**

W jaki sposób przebiegał eksperyment

### **7.2. Uczestnicy**

Opis uczestników, wiek, płeć, ewentualny stan zdrowotny

### **7.3. Analiza wyników**

Jakie emocje były odczuwane i jak często, czy uczestnicy byli zainteresowani interfejsem, działaniem samej gry, czy zauważali mechaniki w zależności od odczuwanych emocji



## **8. Podsumowanie**

### **8.1. Wnioski**

### **8.2. Propozycje przyszłych prac**



## Bibliografia

- [1] Carlos A. Gomez-Uribe i Neil Hunt. „The Netflix Recommender System: Algorithms, Business Value, and Innovation”. W: *ACM Trans. Manage. Inf. Syst.* 6.4 (grud. 2015), 13:1–13:19. ISSN: 2158-656X. DOI: [10.1145/2843948](https://doi.org/10.1145/2843948).
- [2] O. Amft. „How Wearable Computing Is Shaping Digital Health”. W: *IEEE Pervasive Computing* 17.1 (2018), s. 92–98. ISSN: 1536-1268. DOI: [10.1109/MPRV.2018.011591067](https://doi.org/10.1109/MPRV.2018.011591067).
- [3] M. Dikmen i C. Burns. „Trust in autonomous vehicles: The case of Tesla Autopilot and Summon”. W: *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. 2017, s. 1093–1098. DOI: [10.1109/SMC.2017.8122757](https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8122757).
- [4] Sebastian Oberdörfer i Marc Erich Latoschik. „Develop your strengths by gaming: towards an inventory of gamificationable skills”. W: *INFORMATIK 2013 – Informatik angepasst an Mensch, Organisation und Umwelt*. Red. Matthias Horbach. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., 2013, s. 2346–2357.
- [5] David R. Michael i Sandra L. Chen. „Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform”. W: (sty. 2006).
- [6] Rosalind W. Picard. *Affective Computing*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1997. ISBN: 0-262-16170-2.
- [7] Gartner Inc. *Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018*. Spraw. tech. 2018.
- [8] I. Kotsia, S. Zafeiriou i S. Fotopoulos. „Affective Gaming: A Comprehensive Survey”. W: *2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. 2013, s. 663–670. DOI: [10.1109/CVPRW.2013.100](https://doi.org/10.1109/CVPRW.2013.100).
- [9] Kristina Höök. „Affective Loop Experiences - What Are They?” W: *czer.* 2008, s. 1–12. DOI: [10.1007/978-3-540-68504-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-68504-3_1).
- [10] Jianhua Tao i Tieniu Tan. „Affective Computing: A Review”. W: *paż.* 2005, s. 981–995. DOI: [10.1007/11573548\\_125](https://doi.org/10.1007/11573548_125).
- [11] Ashley E. Coleman i John Snarey. „James-Lange Theory of Emotion”. W: *Encyclopedia of Child Behavior and Development*. Red. Sam Goldstein i Jack A. Naglieri. Boston, MA: Springer US, 2011, s. 844–846. ISBN: 978-0-387-79061-9. DOI: [10.1007/978-0-387-79061-9\\_3146](https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9_3146).

- [12] Walter B. Cannon. „The James-Lange Theory of Emotions: A Critical Examination and an Alternative Theory”. W: *The American Journal of Psychology* 39.1/4 (1927), s. 106–124. ISSN: 00029556.
- [13] Jesse Prinz. „Emotions Embodied”. W: *Thinking About Feeling: Contemporary Philosophers on Emotions*. Red. R. Solomon. Oxford University Press, 2004.
- [14] Gerald W. Hohmann. „Some effects of spinal cord lesions on experienced emotional feelings.” W: *Psychophysiology* 3 2 (1966), s. 143–56.
- [15] SREEJA P S i Mahalakshmi G S. „Emotion Models: A Review”. W: *International Journal of Control Theory and Applications* 10 (sty. 2017), s. 651–657.
- [16] Keith Oatley i P N. Johnson-laird. „Towards A Cognitive Theory of Emotions”. W: *Cognition and Emotion* 1 (mar. 1987), s. 29–50. DOI: 10.1080/02699938708408362.
- [17] Paul Ekman i Wallace V. Friesen. „Constants across cultures in the face and emotion.” W: *Journal of personality and social psychology* 17 2 (1971), s. 124–9.
- [18] James A. Russell i Lisa Barrett. „Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant”. W: *Journal of personality and social psychology* 76 (czer. 1999), s. 805–19. DOI: 10.1037//0022-3514.76.5.805.
- [19] David Watson i Auke Tellegen. „Toward a consensual structure of mood.” W: *Psychological Bulletin* 98.2 (1985), s. 219–235. DOI: 10.1037/0033-2909.98.2.219.
- [20] James Russell. „A Circumplex Model of Affect”. W: *Journal of Personality and Social Psychology* 39 (grud. 1980), s. 1161–1178. DOI: 10.1037/h0077714.
- [21] James A. Russell, Anna Weiss i G Mendelsohn. „Affect Grid: A Single-Item Scale of Pleasure and Arousal”. W: *Journal of Personality and Social Psychology* 57 (wrz. 1989), s. 493–502. DOI: 10.1037/0022-3514.57.3.493.
- [22] Sander Koelstra i in. „DEAP: A Database for Emotion Analysis Using Physiological Signals”. W: *IEEE Transactions on Affective Computing* 3 (grud. 2011), s. 18–31. DOI: 10.1109/T-AFFC.2011.15.
- [23] Juan Abdon Miranda-Correa i in. „AMIGOS: A Dataset for Affect, Personality and Mood Research on Individuals and Groups”. W: 2017.
- [24] Grzegorz Nalepa i in. „Analysis and Use of the Emotional Context with Wearable Devices for Games and Intelligent Assistants”. W: *Sensors* 19 (maj 2019), s. 2509. DOI: 10.3390/s19112509.
- [25] Joris H. Janssen, Egon L. van den Broek i Joyce H. D. M. Westerink. „Tune in to your emotions: a robust personalized affective music player”. W: *User Modeling and User-Adapted Interaction* 22.3 (2012), s. 255–279. DOI: 10.1007/s11257-011-9107-7.
- [26] Katarzyna Chrzanowska. *Mechanizm rekomendacji muzyki bazujący na wybranych charakterystykach emocjonalnych*. Praca dyplomowa inżynierska. Kraków, 2018.



- [27] Charlene Jennett i in. „Measuring and Defining the Experience of the Immersion in Games”. W: *International Journal of Human-Computer Studies* 66 (wrz. 2008), s. 641–661. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2008.04.004.
- [28] Eva Hudlicka. „Affective computing for game design”. W: *4th International North-American Conference on Intelligent Games and Simulation, Game-On 'NA 2008* (sty. 2008), s. 5–12.
- [29] Chara Papoutsis i Athanasios Drigas. „Games for Empathy for Social Impact”. W: *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)* 6 (list. 2016), s. 36. DOI: 10.3991/ijep.v6i4.6064.
- [30] Telltale Games. *The Walking Dead: Season Two*. Dostęp: 2018-08-20. 2013.
- [31] Grzegorz Nalepa i in. „Affective Design Patterns in Computer Games. Scrollrunner Case Study”. W: wrz. 2017, s. 345–352. DOI: 10.15439/2017F192.
- [32] Paweł Jemioło, Barbara Giżycka i Grzegorz Nalepa. „Prototypes of Arcade Games Enabling Affective Interaction”. W: maj 2019, s. 553–563. ISBN: 978-3-030-20914-8. DOI: 10.1007/978-3-030-20915-5\_49.
- [33] *Horror game Nevermind uses biometrics to sense your fear*. <https://www.gamesradar.com/horror-game-nevermind-uses-biometrics-sense-your-fear>. Dostęp: 2018-08-20.
- [34] *Bring to Light*. [https://store.steampowered.com/app/636720/Bring\\_to\\_Light](https://store.steampowered.com/app/636720/Bring_to_Light). Dostęp: 2019-08-20.
- [35] *Neurobit Optima User Manual*. Neurobit. 2010.
- [36] Krzysztof Kutt i in. „Towards the Development of Sensor Platform for Processing Physiological Data from Wearable Sensors”. W: czer. 2018, s. 168–178. ISBN: 978-3-319-91261-5. DOI: 10.1007/978-3-319-91262-2\_16.
- [37] *Xiaomi Mi Band 3 Manual*. Xiaomi. 2018.
- [38] *Microsoft Band Fact Sheet*. Microsoft. 2016.
- [39] *Empatica E4 Manual*. Empatica. 2014.
- [40] Robert Wang i in. „Accuracy of Wrist-Worn Heart Rate Monitors”. W: *JAMA Cardiology* 2 (paź. 2016). DOI: 10.1001/jamacardio.2016.3340.
- [41] *Polar H10 Manual*. Polar. 2019.
- [42] *Garrmin-HRM Manual*. Garmin. 2015.
- [43] *BITalino (r)evolution kit Documentation*. BITalino. 2018.
- [44] Jonathan Sykes i Simon Brown. „Affective gaming: measuring emotion through the gamepad.” W: sty. 2003, s. 732–733. DOI: 10.1145/765891.765957.
- [45] W: (2013). Dostęp: 2019-09-01.