



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

1. Wstęp	7
2. Informatyka afektywna	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
3. Specyfikacja komponentów interfejsu do rozpoznawania emocji	15
3.1. Platformy pomiarowe	15
3.2. Możliwe modele rozpoznawania emocji	15
3.3. Narzędzia do budowy gier	15
3.3.1. Godot	15
3.3.2. Unity	15
3.3.3. Unreal Engine	15
4. Architektura	17
4.1. Założenia architektury sprzętowej	17
4.2. Garmin HRM-Run	17
4.3. BITalino Revolution Kit	17
4.4. Dualshock 4	17
5. Mechanizm predykcji emocji	19
5.1. Zbiory danych	19
5.2. Przetworzenie danych	19
5.3. Wybór modelu	19
6. Implementacja	21
6.1. Podstawowe założenia	21
6.2. Implementacja gry	21

6.3.	Odczyt danych fizjologicznych i zmian emocji.....	21
6.4.	Domknięcie pętli afektywnej.....	21
7.	Badania	23
7.1.	Procedura eksperymentu	23
7.2.	Uczestnicy	23
7.3.	Analiza wyników	23
8.	Podsumowanie	25
8.1.	Wnioski.....	25
8.2.	Propozycje przyszłych prac	25

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.

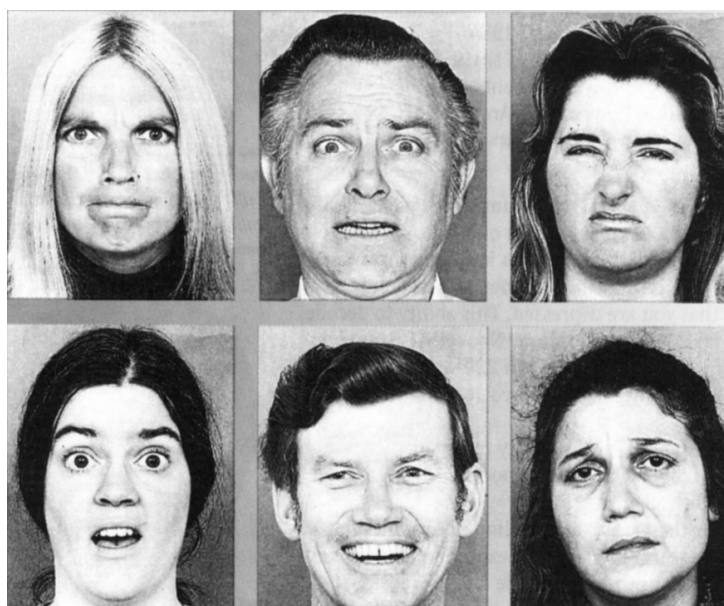
2.2. Modele emocji

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.

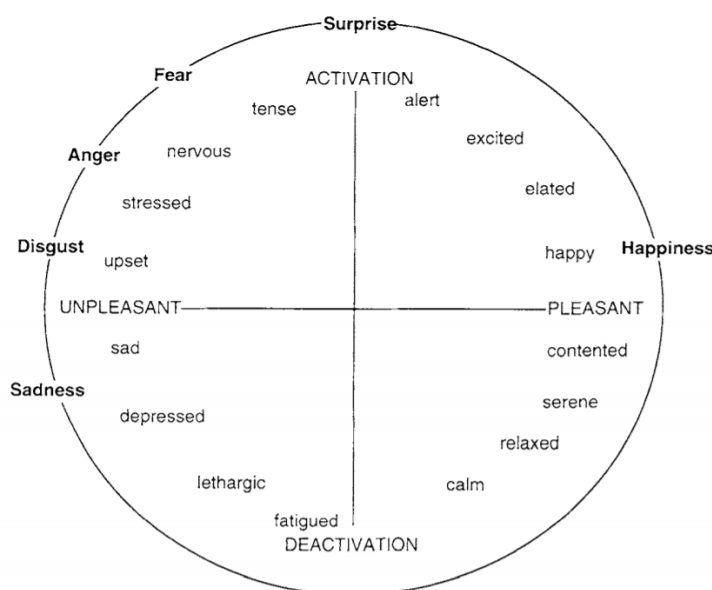


Rys. 2.2. Wyrazy twarzy odpowiadające sześciu emocjom zaproponowanym przez Ekmana, źródło: [17]

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.

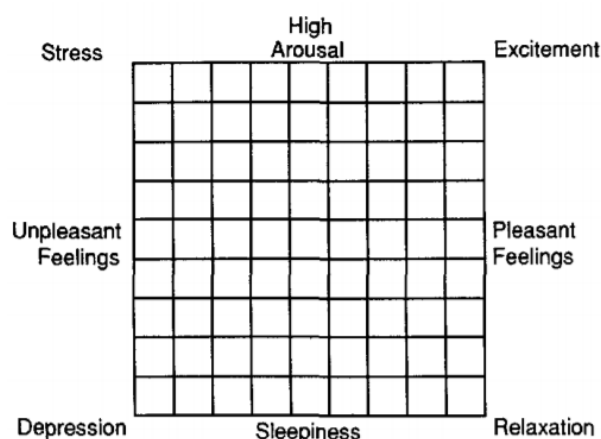
2.2.2. Modele wymiarowe

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 zaproponował 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 poziomym 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

https://www.researchgate.net/publication/220962601_Affective_Loop_Experiences_-_What_Are_They/link/0deec530769158251e000000/download Co to jest pętla afektywna, jaki jest schemat pętli

2.4. Gry z pętlą afektywną

Jakie mogą być mechaniki (krótko), przykłady takich gier (proste - gry z wyborem wpływającym na rozgrywkę, złożone - Nevermind, Bring to Light)

https://www.researchgate.net/profile/Eva_Hudlicka/publication/228622615_Affective_computing_for_game_design/links/02bfe50e1936ab5b93000000/Affective-computing-for-game-design.pdf/

<https://www.gamesradar.com/horror-game-nevermind-uses-biometrics-sense-your-fear/>

https://store.steampowered.com/app/636720/Bring_to_Light/

3. Specyfikacja komponentów interfejsu do rozpoznawania emocji

3.1. Platformy pomiarowe

Krótko o platformach (bitalino, empatica, cheststrapy), możliwościach

3.2. Możliwe modele 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-Urbe 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.