

This paper should be cited as:

A. Landowska, "Przetwarzanie emocjonalne i scenariusze jego zastosowania w edukacji i e-edukacji," in *Postępy e-edukacji*, L. Banachowski, Ed. Warszawa: Wydawnictwo PJWSTK, 2013, pp. 25–38.

Rozdział 2

Przetwarzanie emocjonalne i scenariusze jego zastosowania w edukacji i e-edukacji

Agnieszka Landowska

Politechnika Gdańska, Narutowicza 11/12, 80-233, Gdańsk

Rozdział dotyczy możliwości i celowości zastosowania mechanizmów i narzędzi przetwarzania emocjonalnego w e-edukacji. Wyróżniono i opisano szereg scenariuszy użycia technik afektywnych, zarówno w zastosowaniu komputerów do wspomagania tradycyjnych procesów edukacyjnych, jak i dla nauczania za pośrednictwem środków elektronicznych. Jedne z najciekawszych zastosowań dotyczą poszukiwania optymalnej afektywnej przestrzeni uczenia się, która może być zróżnicowana w zależności od zadania i indywidualnej charakterystyki ucznia. Najbardziej zaawansowane zastosowania to budowa edukacyjnych systemów rozpoznających i analizujących stan emocjonalny ucznia, jednak konstrukcja takich aplikacji jest złożonym i kosztownym projektem. Z tego względu zaproponowano także szereg prostszych scenariuszy, których celem może być wspomaganie bieżącej pracy nauczyciela albo diagnostyka gotowości szkolnej. Dodatkowo dla wybranych pojęć dziedziny przetwarzania emocjonalnego (ang. *affective computing*) w artykule zaproponowano polskie odpowiedniki angielskich terminów, takich jak *affect-aware systems*, *affective intervention*, *sentiment analysis* oraz innych.

1. Wprowadzenie

Procesy poznawcze człowieka są bardzo złożone i zależą nie tylko od jego potencjału intelektualnego, ale także od otoczenia i wcześniejszych doświadczeń edukacyjnych. Wielokrotnie wykazywano już, że także przeżywane emocje wpływają na zdolność zapamiętywania i zrozumienia treści. Na pewno wpływają też na motywację ucznia, koncentrację i chęć zaangażowania [1]. Ponieważ stany emocjonalne wpływają na efektywność procesów poznawczych, potencjalne anomalie i nieprawidłowości funkcjonowania w tym zakresie mogą stanowić źródło problemów edukacyjnych. Dobrzy nauczyciele zdają sobie sprawę z tego, że ich rola nie ogranicza się do przekazania i wy tłumaczenia wiedzy, ale polega też na motywowaniu, wzmacnianiu i pomocy w przezwyciężaniu trudności, w tym natury emocjonalnej.

We współczesnym świecie technologia nieustannie poszerza zakres swojego oddziaływania i często wkracza w obszary, które wydają się zarezerwowane jedynie dla człowieka. W 1995 roku powstała dziedzina przetwarzania emocjonalnego (ang. *affective computing*), która zajmuje się metodami i narzędziami analizy, interpretacji i symulacji stanów emocjonalnych [2]. Metody wypracowane przez tę dziedzinę mogą wspomagać ucznia i nauczyciela w procesach edukacyjnych, w tym zarówno na zajęciach tradycyjnych, jak i zdalnych, z wykorzystaniem narzędzi wspomagających (ang. *technology-enhanced learning*). Niniejszy artykuł ma na celu pokazanie potencjału zastosowania metod i środków przetwarzania emocjonalnego w kształceniu, diagnostyce problemów edukacyjnych i w konstrukcji systemów e-edukacji. Zawiera on przegląd terminologii przetwarzania emocjonalnego i propozycje polskich odpowiedników najważniejszych terminów. Następnie streszcza osiągnięcia psychologii w zakresie stanów emocjonalnych, które sprzyjają i przeszkadzają procesom edukacyjnym. Natomiast rozważania o sposobach zastosowania metod i środków przetwarzania emocjonalnego w edukacji i e-edukacji przedstawiono w postaci ośmiu scenariuszy, grupujących przykłady zastosowań, jakie współcześnie można odnaleźć. Scenariusze podzielono na dwie grupy:

- scenariusze zastosowania przetwarzania emocjonalnego w analizie i diagnostyce procesów edukacyjnych oraz
- scenariusze zastosowania w analizie i budowie narzędzi oraz materiałów edukacyjnych dla e-edukacji.

Oczywiście wymienione i opisane scenariusze nie wyczerpią potencjału zastosowań, a rozwój dziedziny na pewno przyniesie nowe rozwiązania i innowacyjne pomysły ich wykorzystania. Jednak celem wyróżnienia tych ośmiu scenariuszy było pokazanie różnorodności i złożoności metod oraz środków przetwarzania emocjonalnego, a także próba przełamania oporów, jakie budzi wprowadzanie technologii do tak delikatnej materii, jaką są ludzkie emocje i procesy poznawcze.

2. Przetwarzanie emocjonalne i jego terminologia

Dziedzina przetwarzania emocjonalnego (ang. *affective computing*) posiada bogatą literaturę w języku angielskim i raczej znikomą w języku polskim, brak jest odpowiedników pojęć używanych w tej dyscyplinie leżącej na styku informatyki i psychologii. Zgodnie ze słownikiem angielskie słowo *affective* można przetłumaczyć jako afektywny lub emocjonalny, natomiast *computing* tłumaczy się jako przetwarzanie, komputyka lub informatyka. W związku z wątpliwościami dotyczącymi prawidłowości tłumaczenia nazwy dziedziny zasięgnięto opinii Rady Języka Polskiego. W dniu 5 września 2013 roku Zespół Terminologii Informatycznej Rady Języka Polskiego wydał opinię, zgodnie z którą polskim odpowiednikiem nazwy dziedziny *affective computing* jest określenie przetwarzanie emocjonalne. Uznając autorytet Rady w niniejszym opracowaniu to tłumaczenie będzie respektowane.

W dziedzinie przetwarzania emocjonalnego jest jeszcze kilka określeń, dla których brakuje polskich odpowiedników. Poniżej przytoczone tłumaczenia zostały zaproponowane przez autorkę niniejszego opracowania i są wynikiem analizy kontekstu, w jakim te pojęcia się pojawiają. Przy proponowaniu tłumaczeń przyjęto, że określenie *mood* oznacza nastrój, *emotion* oraz *affect* można przetłumaczyć jako emocja, afekt lub stan emocjonalny (pomimo pewnych różnic pojęcia te mogą być używane zamiennie), *feeling* to uczucie, a *sentiment* najlepiej może być przetłumaczony jako ładunek emocjonalny (polskie słowo sentyment oznacza co innego niż angielski *sentiment*). Jako rezultat proponuje się następujące tłumaczenia pojęć przetwarzania emocjonalnego:

- *affective system* – system afektywny,
- *affect-aware system* – system postrzegający afekt,
- *emotion recognition* – rozpoznawanie stanów emocjonalnych,
- *emotion interpretation* – interpretacja stanów emocjonalnych,
- *sentiment analysis* – analiza ładunku emocjonalnego,
- *affective intervention* – interwencja afektywna.

Ze względu na cel funkcjonowania rozróżnia się systemy afektywne (ang. *affective system*) od systemów postrzegających afekt (ang. *affect-aware systems*) [3]. Pierwsze z nich są stworzone dla interakcji emocjonalnej z użytkownikiem, przykłady takich aplikacji to boty konwersacyjne albo gry. Natomiast druga wyróżniona grupa systemów to aplikacje, których główna funkcjonalność jest inna – mogą to być systemy monitoringu, systemy przeznaczone dla e-edukacji czy aplikacje analityczne. Ich cechą charakterystyczną jest to, że dodatkowo obserwują użytkownika i analizują informacje o jego stanach emocjonalnych. Angielskie określenie *aware-of* i pochodzące od niego *affect-aware* jest w tym przypadku trudne do przetłumaczenia, ponieważ nie da się powiedzieć o jakimkolwiek systemie, że jest „świadomy”. Stąd zaproponowane tłumaczenie to „postrzegający afekt”, ponieważ systemy te postrzegają (obserwują) stany emocjonalne użytkownika i używają tej informacji do modyfikacji przepływu sterowania, jeżeli nadrzędny cel funkcjonowania aplikacji (np. proces edukacyjny) jest zagrożony. Modyfikacja przepływu sterowania występująca ze względu na stan emocjonalny użytkownika jest określana mianem interwencji afektywnej (ang. *affective intervention*) [4]. Określenia *emotion recognition* oraz *emotion interpretation* mogą być tłumaczone jako rozpoznawanie/interpretacja emocji albo rozpoznawanie/interpretacja stanów emocjonalnych, przy czym to drugie określenie wydaje się bardziej ogólne. Pojęcie *sentiment analysis* jest określeniem analizy tekstu mającej na celu wydobycie jego warstwy emocjonalnej, często tą metodą, poprzez analizę wpisów na blogach, forach i listach dyskusyjnych określa się społeczne nastawienie do jakiegoś zagadnienia lub osoby. Proponowane tłumaczenie to analiza ładunku emocjonalnego.

3. Emocje w edukacji i ich interpretacja

O roli emocji w procesach edukacyjnych obecnie nie trzeba nikogo przekonywać, a pojęcie inteligencji emocjonalnej już na stałe zagościło w słownikach i nawet potocznych

opiniach. Jednak dyskutując zastosowanie przetwarzania emocjonalnego w edukacji i e-edukacji, warto pokusić się o podsumowanie najważniejszych osiągnięć badawczych dotyczących wpływu stanów emocjonalnych na procesy poznawcze.

Najważniejszym i dość oczywistym stwierdzeniem jest fakt, że skrajnie silne stany emocjonalne (o wysokim pobudzeniu) nie sprzyjają procesom edukacyjnym [5]. Dotyczy to zarówno stanów negatywnych, takich jak lęk czy złość, ale także pozytywnych, czyli na przykład nadmiernej wesołości, co wie każdy nauczyciel, który próbował opanować rozchichotaną klasę. Jednocześnie badając zapamiętywanie treści z czytanych fragmentów tekstu, wykazano, że jeśli tekst miał zabarwienie emocjonalne (pozytywne lub negatywne), jego treść była zapamiętywana lepiej i na dłuższy czas niż w przypadku tekstów neutralnych emocjonalnie [1]. Stany emocjonalne sprzyjające procesom edukacyjnym to: zaangażowanie, koncentracja i przepływ (ang. *flow*), przy czym określenia te mogą być postrzegane jako stany emocjonalne albo kognitywne – w tym przypadku rozróżnienie ich przypuszczalnie nie jest możliwe, co jeszcze bardziej podkreśla wpływ emocji na procesy poznawcze [6]. Dodatkowo wykazano, że różne stany emocjonalne wspierają różne zadania poznawcze, na przykład umiarkowanie negatywne stany emocjonalne są lepsze niż stany pozytywne w przypadku zadań wymagających krytycznego myślenia [7]. Ponieważ aktywne nastawienie do zajęć jest korzystniejsze niż pasywne, można więc oczekiwać, że stany emocjonalne o wyższym pobudzeniu będą lepiej wspierały procesy poznawcze. Potwierdzają to badania nad znużeniem i zadowoleniem przeprowadzone w edukacyjnym wirtualnym świecie (*Second Life*). Badania te potwierdziły, że poziom znużenia i zadowolenia ma wpływ na osiągnięte przez studentów wyniki [8]. Inne badanie przeprowadzone na dużej międzynarodowej grupie studentów wykazało, że emocje związane z osiągnięciami wywierają duży wpływ na poziom zaangażowania studentów w nauczanie zarówno tradycyjne, jak i prowadzone z wykorzystaniem technik e-edukacji [9].

Wszystkie prowadzone badania koncentrują się na niewielkim zakresie stanów emocjonalnych (np. tylko na znużeniu albo na parach emocji) oraz na ograniczonym zakresie zadań edukacyjnych, ze względu na wiarygodność prowadzonych eksperymentów [10–12]. Powstaje więc pytanie, czy z tych wielu badań można wyciągnąć wnioski dotyczące zestawu lub zakresu stanów emocjonalnych optymalnych dla procesów edukacyjnych. Wydaje się, że będą to stany emocjonalne o średnim pobudzeniu, zarówno pozytywne, jak i negatywne, jednak potwierdzenie takiej tezy wymagałoby dalszych eksperymentów. Można oczekiwać, że określenie uniwersalnej przestrzeni emocji sprzyjających edukacji będzie trudne, ponieważ może ona zależeć od: wykonywanego zadania edukacyjnego (zarówno rodzaju, jak i treści), osobowości i poprzednich doświadczeń ucznia, osobowości nauczyciela, jakości materiałów i narzędzi, a nawet aktualnej pogody. Ponieważ emocje i sposoby ich powstawania są bardzo złożone, łatwiej jest zmierzyć pewne symptomy stanów emocjonalnych i wnioskować o nich *post factum* niż stworzyć modele oczekiwanych stanów, a nawet optymalnych stanów dla wykonywania zadań. Pomimo tej złożoności narzędzia i metody przetwarzania emocjonalnego są ciągle rozwijane i mogą znaleźć szereg zastosowań w procesach tak podatnych na wpływ stanów emocjonalnych, jakimi są procesy edukacyjne.

4. Przetwarzanie emocjonalne w badaniu procesów edukacyjnych

Metody rozpoznawania emocji bazujące na obserwacji użytkowników komputerów są już współcześnie wykorzystywane do badania procesów edukacyjnych, których wynikiem są między innymi wnioski przytoczone w punkcie 3. niniejszego opracowania. Wśród tych zastosowań można wyróżnić następujące scenariusze: bieżące wspomaganie dydaktyki, badanie wzorców afektywnych zadań, poszukiwanie stereotypów afektywnych uczniów oraz diagnostykę problemów edukacyjnych.

Scenariusz 1. Bieżące wspomaganie dydaktyki

Metody i narzędzia przetwarzania emocjonalnego można wykorzystać do analizy procesów edukacyjnych w trakcie ich trwania. Analiza ta może mieć na celu wspomaganie bieżącej pracy nauczyciela, zarówno pracującego w klasie, jak i prowadzącego zajęcia zdalnie. W trakcie takiej analizy uczeń lub grupa uczniów może być obserwowana w celu wykrycia stanów emocjonalnych, jakie towarzyszą określonym lekcjom, zadaniom czy nawet zdarzeniom.

W tradycyjnej klasie doświadczony nauczyciel zazwyczaj potrafi zidentyfikować nietypowe zachowania, w tym również stany emocjonalne, i zareagować na nie. Jednak w sytuacji pracy z dużą grupą ludzi zadanie to może być trudne. Niełatwe może być także dla początkujących w zawodzie nauczycieli. System monitorujący salę wykładową i informujący nauczyciela o pojawiającym się np. znużeniu mógłby stanowić wartościową informację zwrotną.

Wartość takiej obserwacji jest jednak jeszcze większa, gdy analizowane będą procesy edukacyjne w zdalnych narzędziach kształcenia. Nauczyciel w środowisku e-edukacji ma ograniczone możliwości obserwacji ucznia, a sam uczeń także niekiedy nie poinformuje o problemach z koncentracją czy motywacją. W przypadku zajęć on-line, informacja o stanie emocjonalnym np. znużenia albo frustracji mogłaby przyciągnąć uwagę nauczyciela do konkretnego ucznia, który odczuwa pewne trudności edukacyjne.

Scenariusz 2. Wzorce afektywne zadań

Przytoczone wcześniej już wyniki badań wskazują na to, że dla różnych zadań odmienne stany emocjonalne mogą być korzystne, czyli na przykład czytanie ze zrozumieniem, nauka słówek z angielskiego i rozwiązywanie zadań matematycznych mogą wymagać nieco innego nastawienia, aby były efektywnie wykonywane.

Wzorec afektywny zadania jest to zestaw lub zakres stanów emocjonalnych, które sprzyjają danemu rodzajowi zadania. Dla różnych zadań zakresy te mogą się częściowo pokrywać, jednak dotychczasowe wyniki badań wskazują na to, że nie będą one identyczne dla zadań o odmiennym charakterze [13].

Badanie wzorców afektywnych zadań polega na wykrywaniu stanów sprzyjających określonym zadaniom. Badania takie powinny być powtarzane dla różnych miejsc, cza-

su i uczestników, ponieważ różnorodność kulturowa i osobowościowa może znacząco wpływać na osiągnięte rezultaty.

Określenie typowych stanów towarzyszących efektywnemu wykonaniu zadania może następnie posłużyć do diagnostyki problemów edukacyjnych poprzez wykrywanie anomalii. Być może pozwoli to także odpowiedzieć na pytania, jakie zadania są wykonywane chętniej przez określone grupy odbiorców i co zrobić, żeby uatrakcyjnić zadania, które są szczególnie nie lubiane.

Systemy edukacyjne postrzegające afekt dla prawidłowego działania wymagają zdefiniowania, jakie stany emocjonalne są uznawane za efektywne, a jakie będą wymagały interwencji emocjonalnej, czyli modyfikacji standardowego przepływu sterowania ze względu na stan ucznia. Z tego powodu wzorce afektywne zadań są dla takich systemów bardzo ważnym elementem ich wewnętrznej budowy, którego konstrukcja może stanowić o powodzeniu wspomaganych procesów edukacyjnych.

Scenariusz 3. Stereotypy afektywne ucznia

Emocjonalność jest jednym z elementów osobowości człowieka, która jest kształtowana zarówno na bazie procesów biologicznych zachodzących w ciele (w tym równowagi biochemicznej mózgu), jak i przez wychowanie i doświadczenie. Wszystkie te elementy powodują, że istnieje bardzo duża różnorodność powstawania i odczuwania emocji przez ludzi o różnym wieku, pochodzeniu czy miejscu zamieszkania. Nawet wśród jednolitych populacji (np. w jednej klasie), różnorodność postaw i odczuwanych emocji może być duża w odpowiedzi na niektóre zdarzenia. Jednak przynajmniej część sytuacji życiowych dla ludzi wychowanych w tej samej kulturze powoduje powstawanie takich samych reakcji emocjonalnych.

Podobnej charakterystyki można oczekiwać w sytuacjach dydaktycznych – pewne grupy uczniów będą reagować podobnie na te same bodźce, a określone zadania będą wywoływały podobne zestawy stanów emocjonalnych. Stereotyp afektywny ucznia to opis typowych reakcji emocjonalnych, jakie są oczekiwane w sytuacjach dydaktycznych. Grupowanie uczniów w edukacji przebiega często według podziału na uczniów początkujących i zaawansowanych w danej dziedzinie, jednak okazuje się, że tych kryteriów podziału może być więcej. Dla przykładu uczniowie początkujący częściej odczuwają frustrację, podczas gdy ci bardziej zaawansowani znużenie. Definiowanie stereotypów afektywnych, czyli określanie charakterystyki typowych reakcji dla określonych grup uczniów, powinno się opierać na dużej liczbie obserwacji, żeby były jak najbardziej prawdopodobne i przydatne we wspieraniu procesów edukacyjnych.

Stereotypy mogą być przydatne we wspomaganiu edukacji zarówno prowadzonej tradycyjnie, jak i z wykorzystaniem narzędzi e-kształcenia. Dla przykładu uczniowie początkujący potrzebują więcej wsparcia nauczyciela i więcej zachęty do wykonania zadań, natomiast dla uczniów zaawansowanych zadania powinny być bardziej atrakcyjne i przyciągające uwagę.

Stereotyp jest szczególnie przydatny wówczas, gdy o uczniu niedużo wiadomo – np. dopiero przyszedł do szkoły albo dopiero zaczął pracę ze zdalnym środowiskiem

edukacyjnym. Wówczas należałoby używać najbardziej ogólnego stereotypu, który obejmuje typowe reakcje emocjonalne charakterystyczne dla większości społeczności uczącej się. Z czasem możliwe jest zdobywanie coraz większej wiedzy i stopniowa indywidualizacja ścieżki edukacyjnej. Zarówno w tradycyjnej klasie, jak i w e-edukacji wskazane byłoby stopniowe uszczegóławianie stereotypu, a nawet zrezygnowanie z jego użycia, gdy wiedza o uczniu i jego emocjonalnych reakcjach jest coraz pełniejsza.

Scenariusz 4. Diagnostyka i terapia problemów edukacyjnych

Komputerowe metody rozpoznawania stanów emocjonalnych mogą być także przydatnym narzędziem w pracy poradni psychologicznych i pedagogicznych. Jedną z ważnych umiejętności w pracy psychologa jest trafne rozpoznawanie i nazywanie emocji. Dla przykładu ocena gotowości szkolnej obejmuje nie tylko określenie manualnych i intelektualnych możliwości dziecka, ale także przygotowania emocjonalnego do podjęcia obowiązku szkolnego, badana jest między innymi reakcja na krytykę i negatywną ocenę czy reakcja na wyzwanie (trudne zadanie).

Już współcześnie znane są przykłady narzędzi wspomagających pracę psychologów w analizie emocji dzieci z autyzmem [14]. Wspomaga się także technikami komputerowymi treningu koncentracji uwagi (neurobiofeedback) [15]. Rozpoznawanie emocji i ich modelowanie mogłoby również wspomagać diagnozę i terapię problemów z nauką. Wzorce afektywne zadań oraz stereotypy afektywne mogą zostać użyte do wykrywania nietypowych reakcji emocjonalnych, wskazując, z jakimi zadaniami są problemy i jakiego rodzaju emocje przeszkadzają w ich wykonaniu. Realizacja tego scenariusza nie zakłada eliminacji pracy psychologa, ale ma na celu wspomaganie jego pracy poprzez np. szybszą diagnozę i precyzyjny trening. Doświadczenia neurobiofeedbacku wskazują na to, że terapia prowadzona z wykorzystaniem narzędzi komputerowych (m.in. gier) jest szczególnie dla dzieci i młodzieży atrakcyjna, a także efektywna [15].

5. Ocena i budowa narzędzi oraz materiałów edukacyjnych

Odrębnym obszarem zastosowań metod przetwarzania emocjonalnego jest ocena oraz budowa materiałów i narzędzi edukacyjnych przeznaczonych dla kształcenia zdalnego. E-edukacja dopracowała się wielu modeli kształcenia, w tym edukacji on-line synchronicznej oraz asynchronicznej, a także modelu hybrydowego (ang. *blended learning*) łączącego zajęcia tradycyjne i zdalne. Każdy z tych modeli ma swoją charakterystykę, ale w każdym z nich pracuje się z materiałami i narzędziami, których jakość może być jednym z czynników warunkujących efektywność procesów kształcenia.

Narzędzia przetwarzania emocjonalnego mogą wspierać ocenę, a także tworzenie materiałów i systemów wysokiej jakości. W tym zakresie wyróżniono następujące scenariusze: ocena materiałów edukacyjnych, ocena narzędzi edukacyjnych, budowa systemów afektywnych i systemów postrzegających afekt.

Scenariusz 5. Ocena materiałów edukacyjnych

Jednym z wyzwań, jakie stoją przed e-edukacją jest stosunkowo duży odsetek rezygnacji z zajęć przed ich ukończeniem. Niektóre wirtualne uniwersytety raportowały, że nawet 70% uczniów nie kończy rozpoczętych kursów zdalnych [16]. Jedną z podawanych przyczyn rezygnacji były ‘nudne materiały’. Oczywiście w przypadku atrakcyjnych zasobów edukacyjnych przerywanie kursów miało również miejsce, jednak autorzy badań zwracają uwagę na rolę jakości przekazu w materiałach dydaktycznych, w tym szczególnie na multimedialność i interaktywność zasobów.

W tym kontekście jakość materiałów, rozumiana nie tylko jako ich zawartość merytoryczna i metodyczna, ale także jako atrakcyjność, może być istotnym czynnikiem wpływającym na powodzenie procesów edukacyjnych. Ocena atrakcyjności materiałów może być wykonana z wykorzystaniem metod przetwarzania emocjonalnego.

Scenariusz takiego badania umożliwi nie tylko pozyskanie subiektywnej opinii osoby badanej o atrakcyjności zasobów, ale możliwe jest prześledzenie całego cyklu interakcji wybranych uczniów z materiałami i identyfikacja pojawiających się emocji. W ten sposób można zarówno ocenić ogólną atrakcyjność materiału, jak i, analizując fluktuację emocji w czasie interakcji, zidentyfikować również słabe punkty (pojawiające się znużenie albo frustrację), które można następnie w zasobach poprawić.

W ten sposób można ocenić atrakcyjność materiałów, porównać ze sobą ich kolejne wersje albo porównać materiały różnych producentów.

Scenariusz 6. Ocena narzędzi edukacyjnych

Systemy i środowiska edukacyjne są podstawą funkcjonowania e-edukacji, jednak nawet w tradycyjnym modelu nauczania wykorzystuje się różnorodne narzędzia wspomagające. Użyteczność tych aplikacji może przekładać się na efekty procesów dydaktycznych. Na użyteczność produktów informatycznych składa się ich jakość techniczna (niezawodność, wydajność, itp.) oraz użytkowa – tzw. doświadczenie użytkownika (ang. *user experience*), które oznacza całokształt wrażenia, jakie odnosi użytkownik w trakcie korzystania z aplikacji. Doświadczenie użytkownika oznacza nie tylko łatwość użycia, ale także satysfakcję i przyjemność z korzystania z narzędzia.

Pomiar jakości użytkowej aplikacji można przeprowadzić z wykorzystaniem metod i narzędzi przetwarzania emocjonalnego. W szczególności możliwa jest obserwacja użytkownika w trakcie korzystania z aplikacji i analiza stanów emocjonalnych pojawiających się przy realizacji zadań z wykorzystaniem narzędzia wspomagającego.

W przypadku środowisk przeznaczonych dla e-nauczania użyteczność oznacza przede wszystkim dostępność narzędzia (w tym niezawodność i możliwość uruchomienia lub połączenia się nim), a na drugim miejscu należy postawić łatwość użytkowania, ponieważ przynajmniej część uczniów korzystających z e-edukacji nie ma doświadczenia w korzystaniu z technologii informatycznych.

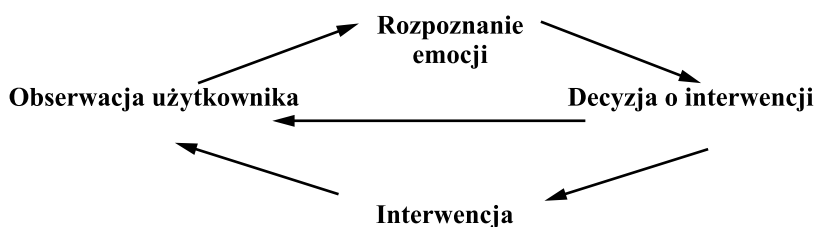
Wykorzystanie metod rozpoznawania emocji do badania doświadczenia użytkownika można oprzeć na kilku rodzajach badań: analizie pierwszego wrażenia, analizie

użyteczności zadaniowej (ang. *task-based usability*) oraz ocenie swobodnej interakcji [17]. Pierwsze wrażenie powstaje w czasie około 5 sekund i jest tworzone głównie przez wygląd narzędzia. Może mieć wpływ na ogólną ocenę, jednak w przypadku aplikacji edukacyjnych wygląd powinien mieć mniejsze znaczenie. Analiza użyteczności narzędzi edukacyjnych powinna przebiegać głównie poprzez identyfikację najważniejszych zadań realizowanych przez uczniów za pomocą aplikacji i obserwacji ich wykonania. Często pojawiająca się frustracja może oznaczać, że interfejs narzędzia nie jest dobrze zaprojektowany i trudność sprawia na przykład wyszukanie potrzebnej funkcji. Analiza swobodnej interakcji z narzędziem pozwala na ocenę jego intuicyjności oraz atrakcyjności.

Scenariusz 7. Budowa systemów edukacyjnych postrzegających afekt

Najbardziej zaawansowane zastosowania przetwarzania emocjonalnego we wspomaganiu e-kształcenia polegają na budowie inteligentnych aplikacji edukacyjnych, które potrafią analizować stany emocjonalne ucznia w celu optymalizacji efektywności procesów edukacyjnych [4]. Aplikacje te obserwują ucznia i zgodnie z przyjętym modelem interwencji afektywnej podejmują decyzję o zmianie ścieżki edukacyjnej lub o zmianie przebiegu interakcji z uczniem.

Inteligentny system edukacyjny postrzegający afekt (ang. *affect-aware tutoring system*) można zdefiniować jako aplikację, która potrafi rozpoznać stan emocjonalny ucznia i używa tej wiedzy w mechanizmach sterowania tak, aby wspierać efektywność procesu edukacyjnego. System taki działa w pętli: obserwacja użytkownika, rozpoznanie emocji, decyzja o interwencji i następnie dalsza obserwacja użytkownika. Schemat działania pętli interwencji afektywnej pokazano na rysunku 2.1.



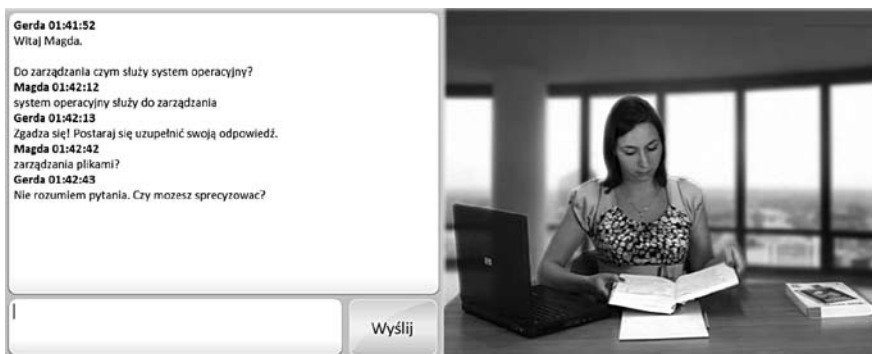
Rysunek 2.1. Pętla interwencji afektywnej [tłumaczenie na podstawie 3]

Decyzja o interwencji może być pozytywna, tj. wykryto stan np. znużenia, na który aplikacja ma zareagować, albo negatywna, co oznacza, że stan emocjonalny ucznia sprzyja nauce i aplikacja wraca do dalszej obserwacji. Krótka ścieżka pętli powinna być w praktyce tą częściej wybieraną, ponieważ system postrzegający afekt przede wszystkim nie powinien przeszkadzać w realizacji zadań edukacyjnych, a reagować jedynie wówczas, gdy realizacja procesu dydaktycznego jest zagrożona. Można sobie wyobrazić sytuację skrajną, w której wirtualny nauczyciel co minutę pyta: jesteś smutny? znużyłeś się? Taki model interakcji w systemie edukacyjnym byłby bardzo przeszkadzający, dlatego model interwencji afektywnej powinien być przemyślany i dopasowany

do charakterystyki wykonywanego zadania (wzorzec afektywny zadania) oraz ucznia (stereotyp afektywny ucznia).

Już współcześnie projektowane są aplikacje, które wykrywają stany niesprzyjające nauce np. frustrację albo znużenie i reagują na nie. Reakcje aplikacji mogą polegać na zmianie rodzaju wykonywanego zadania czy wprowadzeniu jakiegoś dystraktora, który zapobiegnie znużeniu.

Projektuje się także aplikacje dużo bardziej złożone, w których interakcja z aplikacją jest dokonywana z wykorzystaniem wirtualnych postaci, często z bardzo zaawansowanymi awatarami. Wirtualne postaci w środowiskach e-edukacji wykorzystują tzw. efekt osoby (ang. persona effect), który oznacza, że obecność animowanych albo nawet statycznych awatarów stwarza wrażenie obecności innej osoby, a tym samym wpływa pozytywnie na przykład na zaangażowanie w interakcję. W modelu interakcji w środowiskach edukacyjnych wirtualne postaci wpisane są w pewne role, które występują w tradycyjnym nauczaniu: mogą pełnić rolę nauczyciela, trenera albo współucznia [16]. Sama obecność takich postaci może wpłynąć pozytywnie na zaangażowanie i motywację do kontynuowania kursu [21]. Wirtualni mentorzy często są również wyposażeni w możliwości rozpoznawania i reagowania na stany emocjonalne ucznia. Przykładem takiej aplikacji może być inteligentny system edukacyjny Gerda, który powstał na Politechnice Gdańskiej pod kierunkiem autorki niniejszego opracowania [18]. Zrzut ekranu aplikacji Gerda pokazano na rysunku 2.2.



Rysunek 2.2. Przykład systemu postrzegającego afekt – Gerda [18]

Gerda to inteligentny system edukacyjny, którego celem jest nauczanie i weryfikacja wiedzy z systemów operacyjnych. Metafora interakcji z użytkownikiem to sytuacja rozmowy z nauczycielem, który zadaje pytania albo udziela na nie odpowiedzi. Gerda bazuje na konwersacji w języku naturalnym, ale jest także wyposażona w wizualizację nauczyciela zrealizowaną w postaci nagrań aktora. Gerda jest systemem postrzegającym afekt – analizuje wpisy ucznia i ocenia na tej podstawie jego stan emocjonalny. Rozpoznawanie emocji bazuje na analizie tekstu, ciekawym rozszerzeniem byłoby uzupełnienie rozpoznawania emocji o analizę obrazu video twarzy ucznia. Gerda ma możliwość podjęcia interwencji – zarówno w warstwie przebiegu ścieżki dydaktycznej, jak

i w warstwie dialogu. Również awatar wykonuje pewne gesty powiązane z ekspresją emocji, np. uśmiecha się lub grozi palcem, jednak jego możliwości są w tym zakresie ograniczone do sytuacji przewidzianych i nagranych z aktorem. Gerda reaguje na stany emocjonalne znacząco odbiegające od neutralnych, w tym szczególnie na złość, znudzenie i nadmierną wesołość. Dodatkowo reaguje także na bezczynność ucznia. Wykonane eksperymenty interakcji grupy studentów z aplikacją Gerda wskazały, że podejmuje ona decyzję o interwencji afektywnej przy co szóstej wypowiedzi studenta. Tak wysoka częstość reakcji w przebiegu eksperymentu była podyktowana tym, że studenci testowali możliwości Gerdy, w tym opowiadali żarty i próbowali umówić się z nią na randkę. Eksperymenty wykazały duże zaangażowanie studentów w testowanie możliwości aplikacji [4].

Inteligentny system Gerda nie jest jedyną aplikacją edukacyjną rozpoznającą afekt. Do innych można zaliczyć *Easy with Eve*, czyli system z wirtualną trenerką, która uczy dzieci matematyki, oraz aplikację z wirtualnym współuczniem Duffy, który poprzez udzielanie błędnych podpowiedzi powoduje dysonans poznawczy, co ma wzmacniać pewność siebie uczniów [19, 20]. Należy podkreślić, że wirtualni nauczyciele nigdy nie zastąpią obecności ludzi, którzy w procesie nauczania pełnią bardzo istotną rolę motywacyjną [21]. Wirtualni mentorzy i kompani nauki powinni być postrzegani raczej jako uzupełnienie czy ciekawostka w systemie edukacyjnym, który powinien łączyć różnorodne aktywności, w tym również z udziałem współuczniów i nauczyciela.

Scenariusz 8. Budowa afektywnych systemów edukacyjnych

Zgodnie z teorią metodyki nauczania kompetencje w dowolnej dziedzinie mają trzy składowe: wiedzę, umiejętności i postawy [22]. Dla przykładu lekarz musi posiadać wiedzę o budowie organizmu i jego chorobach, umiejętności np. zbadania pacjenta oraz odpowiednią postawę, która umożliwi mu uzyskanie od pacjenta informacji, a także wsparcie pacjenta w sytuacji choroby. Kształcenie wszystkich trzech składowych kompetencji w nauczaniu zdalnym stanowi pewne wyzwanie [23]. Wiedza jest elementem, który najłatwiej przekazać za pośrednictwem komputera. Wybrane umiejętności mogą być kształcone z wykorzystaniem edukacji wspomaganego komputero, inne zaś (m.in. manualne) należy kształcić w modelu tradycyjnym. Jednym z trudnych zagadnień jest promowanie i wykształcanie odpowiednich postaw w modelu edukacji zdalnej. Jednym z rozwiązań tego problemu może być kształtowanie postaw w interakcji z odpowiednio zaprojektowanymi aplikacjami.

Afektywny system edukacyjny to system, którego celem jest edukacja poprzez emocjonalną interakcję z uczniem. Tego rodzaju aplikacje wykorzystują model uczenia przez zabawę i są predestynowane do nauki dzieci, ale też do treningu sytuacyjnego osób dorosłych. Do tej grupy aplikacji należy zaliczyć gry edukacyjne, które dodatkowo biorą pod uwagę emocje ich użytkowników. Innym przykładem mogą być różnorodne symulatory, w których występują wirtualne postaci, prezentujące określone postawy i umiejętności. Konstrukcja takich aplikacji, oprócz warstwy technicznej, powinna zawierać staranny projekt uwzględniający psychologiczne uwarunkowania procesu uczenia. Jednym z ważnych elementów będzie także wybranie osobowości wirtualnej

postaci. Modelowanie osobowości, nastrojów i emocji dla botów jest jednym z zagadnień, którym zajmuje się przetwarzanie emocjonalne.

6. Podsumowanie

Przedstawiono szereg scenariuszy zastosowania metod i narzędzi przetwarzania emocjonalnego w edukacji i e-edukacji. Realizacja tych scenariuszy już jest możliwa, choć dostępne algorytmy i metody nie są doskonałe. Wśród najważniejszych wyzwań, jakie powinny zostać rozwiązane, jest nieinwazyjne i nieprzeszkadzające monitorowanie emocji, dokładność w rozpoznawaniu stanów emocjonalnych oraz możliwość reprezentacji niepewności i rozmycia związanego z emocjami.

Przedstawione przykłady realizacji scenariuszy są zazwyczaj badaniami o charakterze eksperymentalnym, nie ma jeszcze gotowych rozwiązań, które znajdowałyby się w ogólnym obiegu i były powszechnie wykorzystywane. Wynika to częściowo z niedoskonałości metod przetwarzania emocjonalnego, ale także z tego, że fenomen powstawania emocji nie jest jeszcze dokładnie poznany. Warto także wspomnieć o pewnych zagrożeniach, jakie mogą pojawić się wraz z rozwojem dziedziny i upowszechnieniem jej rozwiązań. Jednym z głównych zagrożeń jest naruszanie prywatności przez producentów sprzętu i oprogramowania, w tym monitorowanie emocji użytkownika bez jego świadomej zgody. Można sobie wyobrazić sytuację, w której aplikacja śledzi stany emocjonalne przy oglądaniu programów czy zdjęć i potem używa tej wiedzy do celowanych reklam. Rozwiązanie tego problemu leży nie tyle w sferze technicznej, co prawnej – konieczne jest wypracowanie regulacji, które będą chronić użytkownika przed potencjalnymi nadużyciami.

Zaproponowane scenariusze nie wyczerpują możliwości, jakie stwarza dziedzina przetwarzania emocjonalnego, która dynamicznie się rozwija i w przyszłości przypuszczalnie przyniesie jeszcze inne, nowe rozwiązania, a wraz z nimi pewnie także kolejne wyzwania i zagrożenia.

Bibliografia

1. Picard R.; „Affective computing: challenges”, *International Journal of Human-Computer Studies*, 59 (1), 55–64, 2003.
2. Picard R.; „Affective computing”, <http://affect.media.mit.edu/>, 1995, accessed: 29.04.2013.
3. Landowska A.; „Affective computing and affective learning – methods, tools and challenges”, *EduAkcja. Magazyn edukacji elektronicznej*, 1 (5)/2013 (accepted).
4. Landowska A.; „Affect-awareness Framework for Intelligent Tutoring Systems”, 6th International Conference on Human Systems Interaction, 2013.
5. Elliott C, Rickel J, Lester J; „Lifelike pedagogical agents and affective computing: An exploratory synthesis”, *Artificial intelligence today*, 195–211, 1999.

6. Woolf B, Burleson W, Arroyo I, Dragon T, Cooper D, Picard R.: „Affect-aware tutors: recognising and responding to student affect”, *International Journal of Learning Technology*, 4 (3), 129–164, 2009.
7. Ben Ammar M, Neji M, Alimi A.M., Gouardères G.: „The affective tutoring system”, *Expert Systems with Applications*, 37 (4), 3013–3023, 2010.
8. Noteborn, G., Bohle Carbonell, K., Dailey-Hebert, A., & Gijsselaers, W.: „The role of emotions and task significance in Virtual Education”, *The Internet and Higher Education*, 15 (3), 176–183, 2012.
9. Tempelaar, D. T., Niculescu, A., Rienties, B., Giesbers, B., & Gijsselaers, W. H.: „How achievement emotions impact students’ decisions for online learning, and what precedes those emotions”, *Internet and Higher Education*, 15 (3), 161–169, 2012.
10. Bessiere K, Newhagen J, Robinson J, Shneiderman B.: „A model for computer frustration: The role of instrumental and dispositional factors on incident, session, and post-session frustration and mood”, *Computers in human behavior*, 22 (6), 941–961, 2006.
11. Scheirer J, Fernandez R, Klein J, Picard R.: „Frustrating the user on purpose: a step toward building an affective computer”, *Interacting with computers*, 14 (2), 93–118, 2002.
12. Ang J, Dhillon R, Krupski A, Shriberg E, Stolcke A.: „Prosody-based automatic detection of annoyance and frustration in human-computer dialog”, *Proc. 7th International Conference on Spoken Language Processing*, 2002.
13. Kapoor A, Mota S, Picard R.: „Towards a learning companion that recognizes affect”, *AAAI Fall symposium*, 2–4, 2001.
14. Porayska-Pomsta K., Frauenberger C, Pain H, Rajendran G, Smith T, Menzies R, Foster M E, Alcorn A, Wass S, Bernadini S, Avramides K, Keay-Bright W, Chen J, Waller A, Guldberg K, Good J, Lemon O: „Developing technology for autism: an interdisciplinary approach”, *Personal Ubiquitous Comput.* 16, 2/2012 117–127, 2012.
15. Thompson M, Thompson L.: „Neurobiofeedback”, *Biomed*, 2012.
16. Landowska A.: „The role and construction of educational agents in distance learning environment”, *Proceedings of the 1st International Conference on Information Technology*, Gdańsk, 19–21 May, 2008, 321–324, 2008.
17. Kołakowska A, Landowska A, Szwoch M, Szwoch W, Wrobel M R: „Emotion Recognition and its Application in Software Engineering”, *6th Human-System Interaction Conference*, 2013.
18. Landowska A.: „Model afektywny dla edukacyjnego bota Gerda”, *Raport Techniczny Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej*, 27/2012, 1–16, 2012.
19. Alexander, S., Sarrafzadeh, A., Hill, S.: „Easy with Eve: A functional affective tutoring system”, *Workshop on Motivational and Affective Issues in ITS. 8th International Conference on ITS*, 5–12, 2006.

20. Abou-Jaoude S, Frasson C, Charra O, Troncy R.: „On the Application of a Believable Layer in ITS” In (AIED’99) Workshop on Synthetic Agents, Le Mans, France, July 19. 1999.
21. Wieczorkowska-Wierzińska G.: „Psychologiczne ograniczenia”, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 2011.
22. Landowska A.: „Wirtualni nauczyciele – mrzonka czy przyszłość”, Technologie i narzędzia e-learningu/eds. Ochnio Luiza, Orłowski Arkadiusz – Warszawa, 2011, Wydawnictwo SGGW., 83–93, 2011.
23. Landowska A.: „Let the student talk! Use of Conversational Agents in Distance Education Environments to Achieve Active Learning”, Innovation in Learning Communities, Proceedings of 2009 EDEN Annual Conference, pp. 7, 2009.