

xEmotion – obliczeniowy model emocji dedykowany dla inteligentnych systemów decyzyjnych

Zdzisław Kowalczuk, Michał Czubenko

Katedra Systemów Decyzyjnych, Wydział Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska

Streszczenie: Artykuł prezentuje cybernetyczne podejście do zagadnienia modelowania ludzkich emocji, oparte na psychologicznych teoriach (ocennej i somatycznej). Opracowany model przeznaczony jest do integracji z Inteligentnym Systemem Decyzyjnym – IDS. Może być on używany jako silnik aplikacji lub jako system sterowania niezależnego urządzenia, np. robota autonomicznego.

Słowa kluczowe: obliczeniowy model emocji, systemy podejmowania decyzji, podejście rozmyte, inteligentny system

1. Wprowadzenie

Podstawowa różnica pomiędzy robotem humanoidalnym a człowiekiem polega na odczuwaniu i okazywaniu emocji. Z tego powodu roboty w kulturze masowej przedstawiane są jako bezduszne. Aby zmienić to uczucie, projekty prowadzone w obszarze robotyki zaczęły brać pod uwagę okazywanie (choć nie odczuwanie) emocji. W pewnych przypadkach roboty odzwierciedlają emocje wykryte u człowieka. Powstało wiele mechanizmów przedstawiania emocji, takich jak Kismet, MEXI, iCub, czy EMYS [1–3]. Sedno problemu tkwi jednak nie w sposobie okazywania uczuć, ale w roli siły sprawczej zwanej emocją, i celu jej odczuwania.

Aby lepiej oddać sens działania emocji, warto zadać pytanie: Czym właściwie jest emocja? Istnieje wiele odpowiedzi, często rozbieżnych i niejednoznacznych. Podejście fizjologiczne postuluje, iż emocje wykształciły się z procesów *homeostazy*. Biorąc pod uwagę teorie cybernetyczne, mówiące o homeostacie jako podsystemie mającym na celu „utrzymanie systemu autonomicznego w równowadze funkcjonalnej” [4] poprzez przeciwdziałanie przepływowi informacji i energii zmniejszającymi możliwość oddziaływania na środowisko, można przyjąć, że emocja jest takim homeostatem. Innymi słowy, emocje stanowią element mechanizmu adaptacji człowieka służącego optymalizacji jego reakcji na bodźce pochodzące z otaczającego go środowiska. Przy dużej ilości informacji do przetworzenia emocje ułatwiają właściwy/szybki wybór reakcji. Projekt tego rodzaju systemu, rozwijany pod nazwą xEmotion (od ang. *eXternal emotion*), jest przedmiotem niniejszego opracowania.

Taką interpretację potwierdza opinia [5], że „emocje są adaptacyjną odpowiedzią naszego organizmu. Istnieją one nie po to, aby dawać nam ciekawe doświadczenia, ale w celu zwiększenia naszych szans na przetrwanie. Kiedy stajemy przed wyzwaniem, emocje pozwalają skupić naszą uwagę i wzbudzić naszą akcję. Nasze serce rusza z kopyta. Nasze tętno przyspiesza. Wszystkie nasze zmysły są w najwyższej gotowości”. W powszechnym rozumieniu emocje są psycho-

fizjologicznym doświadczeniem stanu umysłu danej osoby, współdziałającym z wewnętrznymi i zewnętrznymi wpływami. Warto też wspomnieć definicję [6], wnioskującą, iż emocje to tylko zbiory procesów nerwowych prowadzących do uczuć i ich wyrażania. Jest jeszcze mniej konstruktywna definicja wywodząca się z podejścia ewolucyjnego [7], która mówi, że „emocja jest to złożony łańcuch luźno powiązanych ze sobą zdarzeń, które zaczynają się od bodźca, obejmują uczucia, zmiany psychologiczne, motywację do działania oraz specyficzne, ukierunkowane na cel zachowanie”.

W niniejszej pracy przyjmujemy definicję emocji podaną poniżej.

Definicja 1. *Emocje stanowią wewnętrzne stany związane zarówno z zewnętrznymi obiektami, jak i wewnętrznymi odczuciami, które pozwalają na szybkie podejmowanie decyzji, adekwatnej do danej sytuacji.*

Oprócz definicji, ważna koncepcyjnie jest lokalizacja i sposób jej pojawienia się emocji. Psychologia mówi o dwóch głównych szkołach: somatycznej i ocennej. Teoria somatyczna zakłada, że emocje są pierwotne wobec procesów poznawczych [8]. Zanim mózg przeanalizuje obiekt, a czasem nawet zanim zostaną zarejestrowane wrażenia i obiekt zostanie rozpoznany, może pojawić się emocja związana z tym obiektem. Ważnym przykładem potwierdzającym somatyczną teorię emocji jest odczuwanie emocji w odniesieniu do nowych obiektów lub osób. Teoria ocenna emocji (ang. *appraisal theory*) dowodzi, że emocje powstają po zajściu odpowiednich procesów poznawczych [9], są zatem wtórne względem procesów kognitywnych. Taki typ emocji może wystąpić nawet po procesach myślowych, bez pojawienia się bodźców zewnętrznych. Takie emocje dotyczą samego siebie, wybranych uczynków, bądź zdarzeń z przeszłości.

W języku angielskim używa się około 100 słów charakteryzujących różne emocje. Wśród nich wyróżnia się kilka grup emocji podobnych (jak na przykład radość i szczęście), które opisuje się jedną *barwą*. Jest to podstawowy parametr opisu emocji. Innym parametrem opisującym emocję jest jej natężenie. W ramach jednej grupy można bowiem dostrzec różne stany (intensywności) tej samej emocji (barwy). Trzecim parametrem charakteryzującym emocję jest ich czas trwania, który pozwala na wyróżnienie trzech rodzajów emocji:

- sub-emocja (odczucie, afekt), o bardzo krótkim czasie trwania, skojarzona z przedmiotami (uzasadniona somatyczną teorią emocji),

- emocja klasyczna, trwająca przez określony czas, opierająca się na sub-emocjach i wewnętrznych wrażeniach niespełnienia (wspierana oceną teorią emocji),
- nastrój, długotrwały efekt emocjonalny.

2. Obliczeniowe systemy emocji

Istnieje spora liczba systemów opisujących emocje. Większość z nich oparta jest jednak tylko na ocennej teorii emocji, bez brania pod uwagę możliwości wystąpienia emocji przed rozpoznaniem obiektu. Do systemów tego rodzaju, bazujących w głównej mierze na podejściu [10], należą (w kolejności chronologicznej): ACRES [11], AR [12], Will [13], EM [14], FLAME [15], TABASCO [16], EMILE [17], ParleE [18], EMA [19], FearNot! [20], Thespian [21].

Wymienionych wyżej FLAME jest systemem rozmytym, który na podstawie zaobserwowanych zdarzeń/obiektów generuje własną emocję i wdraża związane z nią zachowania. System posiada wbudowane algorytmy uczące, zwiększające zdolność adaptacyjną modelu. Emocje nie są ściśle zdefiniowane. ParleE jest systemem emocji przystosowanym dla wieloagentowego środowiska, w szczególności dla agentów konwersacyjnych. Implementuje on model osobowości Rousseau [22], oparty głównie na teorii prawdopodobieństwa. EMA (z ang. *EMotion and Adaptation*, ściśle oparty na teorii ocennej Lazarusa [9]) modeluje zmiany emocji w zależności od historii, aktualnie widzianych obiektów/zdarzeń, oraz zleconych zadań, biorąc pod uwagę takie czynniki, jak plan, wierzenia, intencje etc.

Wśród systemów opartych na innych niż ocenna teoriach, wyróżnić można:

- Cathexis [23], oparty na anatomicznej teorii emocji,
- Wasabi [24], wzorujący się na wymiarowej teorii,
- Minder [25], nawiązujący do teorii racjonalnej.

3. Motywacja w ISD

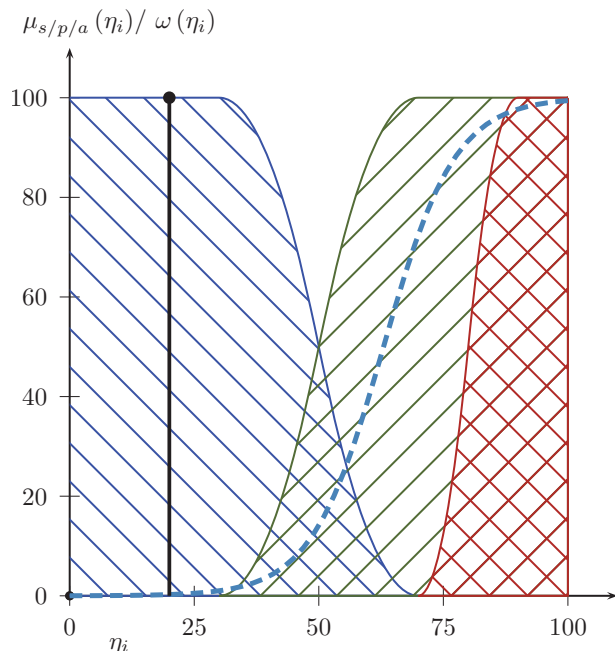
Inteligentny System Decyzyjny (ISD) [26], który stanowi narzędzie autonomizacji sterowania, oparty jest na modelu psychologii człowieka. Składa się z podsystemów opartych na psychologii poznawczej oraz psychologii osobowości, a w szczególności na teorii motywacji. Zastosowane czynniki motywacyjne można podzielić na dwie grupy: potrzeb i emocji. Stanowią one obiekt niniejszej analizy. Potrzeby są zasadniczym elementem ludzkiej motywacji. W wyjątkowych okolicznościach, gdy istota musi reagować w błyskawiczny sposób (ograniczając proces myślenia), jej system główny reaktywny (potrzeb) jest „wyciszony” i reakcja jest generowana na podstawie emocji.

Potrzeba związana jest z abstrakcyjnym stanem doznania poczucia niespełnienia [27]. Im silniejsze jest poczucie, tym trudniej je pominąć. Istnieje bliżej nieokreślona liczba potrzeb człowieka. Można je pogrupować w kilka klas, pokazanych na rys. 1 wraz z przykładami. Im niższa klasa, tym silniej oddziałuje ona na motywację jednostki. Zaspokajanie realizowane jest priorytetowo. Dopóki potrzeby niższego rzędu/klasy nie są zaspokojone, dopóty nie można przejść do zaspokajania potrzeb wyższego rzędu.

Aby oddać złożoność systemu motywacji człowieka i uniknąć typowej dla automatów jednoznaczności, do modelowania poszczególnych potrzeb użyto zbiorów rozmy-



Rys. 1. Piramida potrzeb Masłowa
Fig. 1. Maslow's hierarchy of needs



Rys. 2. Rozmyty model potrzeby; zbiory rozmyte od lewej oznaczają kolejno spełnienie ($\mu_s(\eta_i)$), prealarm ($\mu_p(\eta_i)$) oraz alarm ($\mu_a(\eta_i)$), linia przerywana zaś oznacza funkcję wagi ($\omega(\eta_i)$) [28]

Fig. 2. Fuzzy model of a need; (from left) satisfaction ($\mu_s(\eta_i)$), prealarm ($\mu_p(\eta_i)$) and alarm ($\mu_a(\eta_i)$) states, whereas the dashed line denotes a weighting function ($\omega(\eta_i)$) [28]

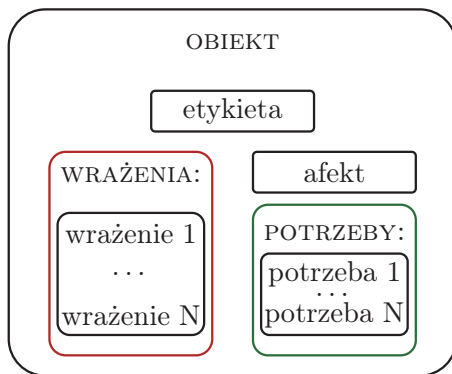
tych. Każda z potrzeb może należeć do zbiorów spełnienia (satysfakcji), prealarmu oraz alarmu (rys. 2). Opisując pojedynczą potrzebę (przestrzajany) parametrami określającymi jądro i nośnik tych trzech zbiorów, można uzyskać rozmaite wersje dynamiki systemu.

3.1. Procesy emocjonalne w ISD

Jak wcześniej wspomniano, procesy emocjonalne przyjmują u człowieka różne formy [29]:

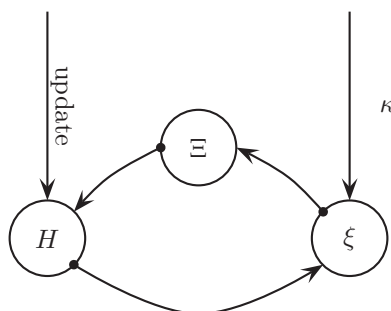
- sub-emocje (afekty) – o krótkim czasie trwania, powiązane z rozpoznaniem obiektem (spostreżeniem – rys. 3),
- emocje (klasyczne emocje) – zmienne stany emocjonalne o silnym zabarwieniu, z wyraźną oceną,
- nastrój (super-emocja) – stan emocjonalny o słabym zabarwieniu, z długim czasem trwania [30].

Procesy emocjonalne pełnią cztery funkcje: informacyjną, aktywacyjną, meta-poznawczą oraz modulacyjną. Ich głównym zadaniem w prezentowanym modelu jest mo-



Rys. 3. Model spostrzeżenia
Fig. 3. Model of a discovery

dulacja, czyli rozszerzanie bądź zawężanie poczucia stopnia spełnienia. Funkcja informacyjna emocji pogłębia informacje dotyczące postrzeganego obiektu, dzięki czemu ułatwia jego rozpoznanie. Pozostałe funkcje (meta-poznawcza i aktywacyjna) pomagają uzyskać więcej informacji na temat postrzeganych obiektów poprzez bezpośredni wpływ na aktualne procesy poznawcze [31]: funkcja meta-poznawcza przełącza metody poznawcze pomiędzy sobą, natomiast funkcja aktywacyjna wyszukuje nowe punkty widzenia dotyczące poznawanego obiektu.



Rys. 4. Model psychologii osobowości jako relacja pomiędzy sub-emocjami (κ), emocjami (ξ), nastrojem (Ξ) oraz potrzebami (H)

Fig. 4. Personality psychology model

Zastosowaną relację pomiędzy potrzebami a emocjami przedstawiono na rys. 4. Reprezentuje ona ideę naturalnych emocji opartych na rozmaitych teoriach psychologicznych. Sub-emocje, wykryte przez system percepcji w rozpoznanych (właściwie lub błędnie) obiektach, wpływają na klasyczną emocję (szerzej opisano to na rys. 6). Na podstawie ewolucji emocji, modyfikowany jest nastrój, który wpływa na stopień zaspokojenia potrzeb, a konkretnie na parametry opisujące określone potrzeby (jądra i nośniki zbiorów rozmytych).

4. xEmotion – ewolucja emocji w ISD

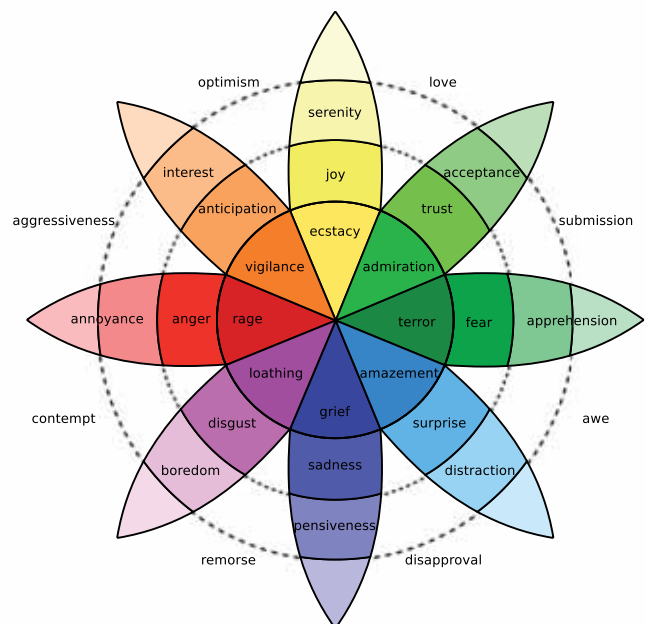
W koncepcji ISD, a zwłaszcza w części opartej na psychologii osobowości, można skonstruować system oparty zarówno na nurcie somatycznym, jak i ocennym. Według nurtu somatycznego, emocja powinna wystąpić w bloku percepcji wrażeń [26]. W wyniku takiej emocji system może uruchomić nieświadomą reakcję. Natomiast nurt ocenny

mówi o wystąpieniu emocji w zależności od własnych, wewnętrznych przeżyć – w związku z czym pojawi się ona jako efekt wyboru reakcji, bądź jako jej fiasko albo spełnienie (w zaspokajaniu potrzeb).

Jak wspomniano, istnieje wiele słów określających emocje. Niektóre z nich wiążą się z barwą, inne z natężeniem, jeszcze inne ze znakiem. Dla uproszczenia przyjmujemy teorię [7] z drobnymi zastrzeżeniami.

4.1. Model emocji Plutchika

Plutchik [7] zaobserwował istnienie kilku rodzin emocji, które mogą być zgrupowane według ich barwy: np. żal, smutek i zaduma są podobne, jednak różnią się tylko intensywnością. Ponadto istnieją przeciwstawne grupy emocji – dla wymienionej górnej grupy przeciwieństwem jest grupa utworzona z ekstazy, radości i spokoju. Plutchik sformułował w ten sposób osiem różnych rodzin emocji. Następnie pomiędzy tymi rodzinami zostały dodane emocje pochodne, np. z radości i akceptacji wynika miłość. Cała *paraboloidea* emocji jest ukazana na rys. 5.



Rys. 5. Model emocji wg Plutchika [7]
Fig. 5. Plutchik model of emotions [7]

4.2. Koło emocji

Przy komputerowej symulacji zestawu emocji należy uwzględnić założenie, że emocja jest też pojedynczym stanem, który może przyjmować więcej niż jedną wartość. Tworzenie pochodnych emocji, dość naturalnie kojarzy się ze zmiennymi rozmytymi. Dlatego też proponujemy „rozmywanie” emocji, podobne jak w systemie FLAME, jednakże bez używania pełnego systemu wnioskowania rozmytego.

Przyglądając się paraboloidzie z rys. 5, trudno zaakceptować niestabilność systemu, „miotającego się” po jakichś *wzbudzonych* stanach emocjonalnych. Dlatego też postuluje się odwrócenie skali emocji oraz dodanie (w stanie uspokojenia) łączącego stanu neutralnego. W ten sposób uzyskujemy naturalny wzrost intensywności emocji wraz

ze wzrostem odległości od stanu neutralnego. Dodatkowo, z przyczyn implementacyjnych, stosujemy przejście z paraboloidy do dwuwymiarowego koła. Skutkiem takich zmian jest model emocji ukazany jest na rys. 6.

4.3. Od bodźca po emocje

Po posadowieniu systemu ISD na psychologii osobowości [26] należy zastanowić się, w jaki sposób ma funkcjonować przedstawiony wyżej model emocji. Przy przyjętych założeniach emocja powinna być formowana na podstawie spostrzeżonych obiektów oraz wewnętrznych przemyśleń. Koncepcja ISD zakłada, że do obiektów przypisany jest kontekst emocjonalny (rys. 3), który pojawia się jako sub-emocja w momencie rozpoznania danego obiektu. Należy wspomnieć, że oprócz kontekstu emocjonalnego, obiekt (spostreżenie) posiada również kontekst wpływający na potrzeby systemu.

Kontekst emocjonalny może pojawiać się wielokrotnie (w powiązaniu z różnymi obiektami) oraz posiadać różne wartości. W przypadku wystąpienia wielu sub-emocji, wyznaczane jest centrum sub-emocji, które wpływa na właściwą (klasyczną) emocję. Jej zmiana z kolei generuje zmianę nastroju. Dodatkowo, jako element teorii ocennej, zbiór potrzeb agenta, generuje sygnał podobny do sub-emocji. Zatem na emocję wpływają zarówno potrzeby, jak i sub-emocje. Opisany system przedstawiono na rys. 7.

Zakładając, że rozpoznano obiekty skojarzone z poszczególnymi emocjami: wstręt, antycypacja, strach, oblicza się centrum sub-emocji. Istnieją na to dwa sposoby, metoda prosta, jak w metodzie k -średnich (1), albo ważona, z wagami wynikającymi z funkcji przynależności dla danej emocji (2):

$$\kappa_c = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{i=n} \kappa_i \quad (1)$$

$$\kappa_c = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{i=n} \kappa_i * \max(\mu(\kappa_i)) \quad (2)$$

gdzie:

κ_c to centrum sub-emocji,

κ jest punktem sub-emocji oznaczonym na kole emocji,

μ oznacza funkcję przynależności.

Drugim elementem wpływającym na emocję jest parametr określający zaspokojenie potrzeb. Parametr ten wpływa tylko na ruch po okręgu, przy stałym promieniu. Dominacja potrzeb niezaspokojonych powoduje ruch w kierunku emocji negatywnych, zaś zaspokojonych – w kierunku przeciwnym.

$$\zeta = 45 * \begin{cases} \frac{1}{n_s} \sum_{i=0}^{i=n_s} \mu_s(\eta_i) & \text{gdy } n_s \geq n_a \\ -\frac{1}{n_a} \sum_{i=0}^{i=n_a} \mu_a(\eta_i) & \text{gdy } n_s < n_a \end{cases} \quad (3)$$

gdzie:

ζ oznacza parametr określający stopień zaspokojenia wszystkich potrzeb,

n_s to liczba potrzeb zaspokojonych,

n_a określa liczbę potrzeb alarmowanych,

μ_s oznacza liczbę funkcji przynależności do lingwistycznej satysfakcji,

μ_a symbolizuje liczbę funkcji przynależności do lingwistycznego alarmu,

η_i oznacza i -tą potrzebę.

Ostatni czynnik wpływający na emocję daje efekt uspokajania (ang. *come down effect*). Po krótkim czasie emocja (jako stan krótkotrwały) dąży do stanu neutralnego. Parametrem opisującym efekt uspokajania jest δ . Zatem emocję w j -tej chwili czasu można opisać jako:

$$\xi_j = T_{0.3}(\varpi * R(\xi_{j-1}, \zeta), \kappa_c) \quad (4)$$

gdzie:

ϖ opisuje parametr określający szybkość *zapominania* emocji,

$R(X, a)$ oznacza operację rotacji punktu X , o a° ,

$T_d(X, Y)$ symbolizuje operację translacji punktu X , w kierunku Y , o odległość d (patrz rys. 6).

Kolejny element systemu dotyczy wpływu emocji na nastrój, jak to pokazano na rys. 7. Nastrój umożliwia zmianę jądra funkcji przynależności potrzeb, co powoduje ich szybsze lub wolniejsze zaspokajanie.

Zmiana nastroju realizowana jest za pomocą (specyficznie „różniczkującej”) funkcji TAWS pokazanej na rys. 8). Nastrój rośnie wraz ze wzrostem emocji, aż do uzyskania nasycenia. Podobnie zaś spada natychmiast, kiedy emocja obniża swoją wartość.

W zależności od wartości nastroju przeliczany jest parametr określający funkcje przynależności potrzeb. Dodatkowo, nastrój wpływa na nowo zapamiętane obiekty (spostreżenia). Po zarejestrowaniu nowego spostrzeżenia nastrój jest przeskalowywany na kąt określający sub-emocję z nim związaną. W przypadku wielokrotnego wystąpienia danego spostrzeżenia promień sub-emocji jest odpowiednio zwiększany. Nastrój wpływa także na znane spostrzeżenia. Jeśli nastrój jest pozytywny, kontekst emocjonalny (sub-emocja) wykrytego spostrzeżenia przesuwa się po stałym promieniu w stronę pozytywnych emocji, w przeciwnym wypadku – w stronę negatywnych.

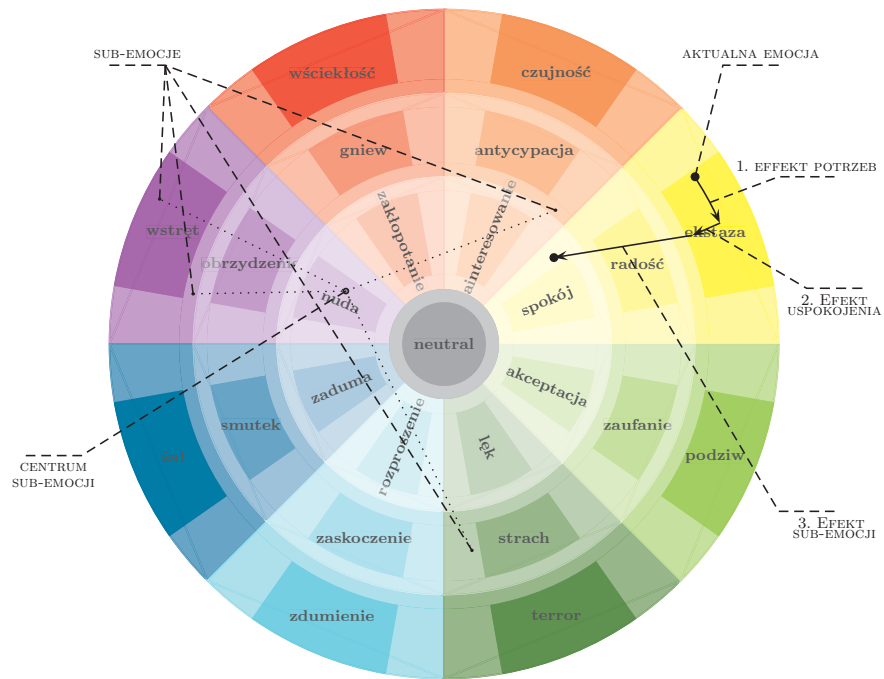
5. Rola emocji

Jaki jest cel opisanego systemu emocjonalnego w ISD? Mianowicie, system emocjonalny zawęży zbiór analizowanych reakcji, które mają zaspokoić aktualne potrzeby, oraz umożliwi implementację reakcji podświadomych (opartych na emocjach).

Oprócz hipotetycznego (znanego jednostce) wpływu na system potrzeb, model reakcji zawiera kontekst emocjonalny. Kiedy emocja pozostaje w neutralnym stanie, dostępne są wszystkie reakcje bez kontekstu emocjonalnego. Jeśli zaś emocja zmieni się na konkretną (pozytywną, bądź negatywną) zbiór dostępnych reakcji zawęży się, dzięki czemu system może szybko wybrać adekwatną do danej sytuacji reakcję (np. ucieczkę w przypadku poczucia strachu). Nowe, wyuczone reakcje uzyskują kontekst oparty na aktualnej emocji, przy której reakcja dała pozytywny skutek.

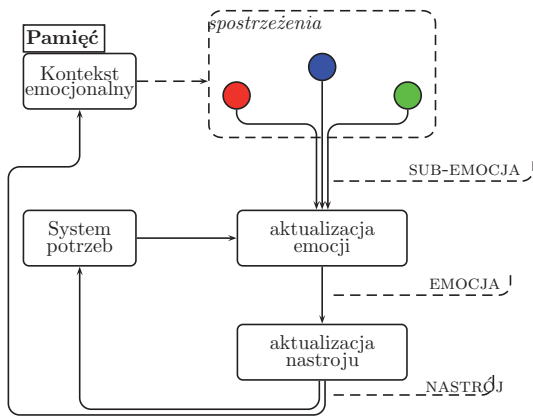
6. Wnioski

Proponowany model emocji xEmotion daje możliwość adaptacyjnej optymalizacji przy wyborze reakcji w systemie ISD, w określonych warunkach (np. po wykryciu niebezpieczeństwa, bądź innych mniej lub bardziej ekstremalnych warunków). Dzięki temu agent lub robot zaopatrzony w system ISD może działać szybciej i skuteczniej (niż dotychczas).



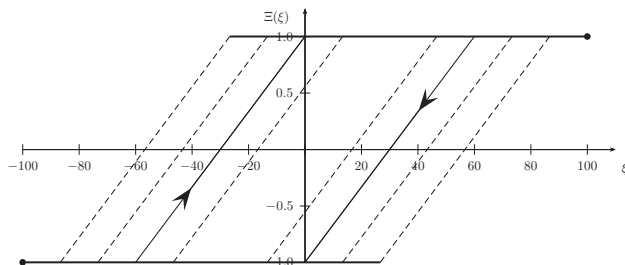
Rys. 6. Proponowane koło emocji oraz sposób wyznaczania ewolucji emocji; pełny kolor oznacza jądra funkcji przynależności, zaś spadek barwy – zbocza tych funkcji

Fig. 6. The proposed circle model of emotions and their evolution; full colors show the kernels of membership functions, whereas the greyed-out places show their slopes



Rys. 7. Model emocji oparty na założeniach psychologii osobowości

Fig. 7. Model founded on personality psychology



Rys. 8. Mechanizm zmiany nastroju Ξ w funkcji (TAWS) klasycznej emocji ξ

Fig. 8. Mood Ξ as a TAWS-function of emotion ξ (TAWS: Temporary Amplifier With Saturation)

Proponowany model jest zgodny ze współczesnymi wynikami i teoriami psychologicznymi, umożliwiając zarówno wykrywanie emocji u obserwowanych obiektów (elementów

środowiska), jak i okazywanie na zewnątrz swoich emocji (wykorzystywane w tzw. robotach socjalnych).

Bibliografia

1. Breazeal (Ferrell) C., Velasquez J., *Toward Teaching a Robot ‘Infant’ using Emotive Communication Acts*, [in:] Simulation of Adaptive Behavior Workshop on Socially Situated Intelligence, Zurich, Switzerland, 1998, 25–40.
2. Esau N., Kleinjohann B., Kleinjohann L., Stichling D., *MEXI: Machine with Emotionally eXtended Intelligence*, Conference on Hybrid and Intelligent Systems, 2003.
3. Metta G., Sandini G., Vernon D., Natale L., Nori F., *The iCub humanoid robot: an open platform for research in embodied cognition*, [in:] *Performance Metrics for Intelligent Systems*, 2008.
4. Mazur M., *Cybernetyka i Charakter*, Plus Minus, PIW, Warszawa 1976.
5. Mayers D. G., *Emotions, Stress, and Health*, Worth Publishers, New York 2010, 9th edition, 497–527.
6. Izard C. E., Malatesta C. Z., *Perspectives on emotional development I: Differential emotions theory of early emotional development*, Wiley, New York 1987, 494–554.
7. Plutchik R., *The nature of emotions*, "American Scientist" 2001, 344.
8. Zajonc R. B., Murphy S. T., Inglehart M., *Feeling and facial efference: Implications of the vascular theory of emotion*, "Psychological Review" 96/1989, 395–416.
9. Lazarus R. S., *The cognition-emotion debate: A bit history*, Wiley, New York 1999, 3–19.
10. Lazarus R. S., *Emotion and Adaptation*, Oxford University Press, USA 1991.

11. Swagerman J., *The Artificial Concern REalization System ACRES: A computer model of emotion*, PhD thesis, University of Amsterdam, Amsterdam 1987.
12. Elliott C., *The Affective Reasoner: A Process Model of Emotions in a Multi-Agent System*, PhD thesis, Northwestern University, Chicago 1992.
13. Moffat D., Frijda N. H., *Where there's a Will there's an agent*, [in:] Wooldridge M., Jennings N. (eds.), *Intelligent Agents, Lecture Notes in Computer Science*, volume 890, Springer Berlin Heidelberg 1995, 245–260.
14. Reilly W. S. N., *Believable Social and Emotional Agents*, PhD thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh (PA) 1996.
15. El-Nasr M. S., Yen J., Ioerger T. R., *Flame – fuzzy logic adaptive model of emotions*, "Autonomous Agents and Multi-agent systems" 3/2000, 219–257.
16. Staller A., Petta P., *Introducing Emotions into the Computational Study of Social Norms: A First Evaluation*, "Journal of Artificial Societies and Social Simulation" 1/2001.
17. (2000): *Émile: marshalling passions in thraining and education*, Barcelona, Spain.
18. Bui T., Heylen D., Poel M., Nijholt A., *ParleE: An adaptive plan based event appraisal model of emotions*, "KI 2002: Advances in Artificial Intelligence" 2002, 1–9.
19. Gratch J., Marsella S., *Evaluating a computational model of emotion*, "Journal of Autonomous Agents and Multiagent Systems" 2004 (special issue on the best of AAMAS 2004), 23–43.
20. Dias J. A., *earNot!: Creating Emotional Autonomous Synthetic Characters for Emphatic Interactions*, Master's thesis, Instituto Superior Técnico, Lisbon 2005.
21. Si M., Marsella S. C., Pynadath D. V., *Thespian: Modeling Socially Normative Behavior in a Decision-Theoretic Framework*, 6th International Conference on Intelligent Virtual Agents, Marina del Rey, 2006.
22. Rousseau D., *Personality in Computer Characters*, [in:] *Artificial Intelligence*, AAAI Press, 1996.
23. Velásquez J. D., Maes P., *Cathexis: a computational model of emotions*, [in:] *Proceedings of the 1th international conference on Autonomous agents*, ACM, New York (NY) 1997, 518–519.
24. Becker-Asano C., *WASABI: Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity*, PhD thesis, Faculty of Technology, University of Bielefeld 2008.
25. Wright I., Sloman A., *MINDER1: An implementation of a protoemotional agent architecture*, Technical report, 1996.
26. Kowalczyk Z., Czubenko M., *Intelligent Decision-Making System for Autonomous Robots*, "International Journal of Applied Mathematics and Computer Science" 4/2011, 621–635.
27. Maslow A. H., *Toward a Psychology of Being*, 2nd edition, Van Nostrand Reinhold, New York 1968.
28. Kowalczyk Z., Czubenko M., *Model of human psychology for controlling autonomous robots*, [in:] *Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, 15th International Conference on, Aug. 2010, 31–36.
29. Biddle S., Fox K. R., Boutcher S. H., *Physical Acti-*

vity and Psychological Well-being, Psychology Press, London 2000.

30. Blechman E. A., *Emotions and the Family: For Better or for Worse*, Lawrence Erlbaum, New Jersey 1990.

31. Ekman P., Davidson R., *Natura Emocji*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 1999.



xEmotion – a computational model of emotions dedicated to intelligent decision-making systems

Abstract: The paper presents a cybernetic approach to the task of modelling human emotions based on the psychology theories (both appraisal and somatic theories are applied). The proposed system is designed for integration into an intelligent system of decision-making – IDS. It can, for instance, be used as an application engine, as well as, a control system in autonomous unit.

Keywords: Artificial intelligence, computation model of emotions, decision-making system, fuzzy approach, intelligent system

prof. dr hab. inż. Zdzisław Kowalczyk

Prof. dr hab. inż. (2003, 1993, 1986, 1978). Od 1978 pracuje na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki PG. Jest profesorem zwyczajnym w dziedzinie Automatyki i Robotyki oraz kierownikiem katedry Systemów Decyzyjnych. Wykładał na Uniwersytecie w Oulu (1985), Australijskim Uniwersytecie Narodowym (1987), Politechnice w Darmstadt (1989) oraz na Uniwersytecie George'a Mansona (1990–1991).



Interesuje się głównie adaptacyjnym sterowaniem procesami, identyfikacją i estymacją systemów, diagnostyką procesów, detekcją błędów, przetwarzaniem sygnałów, sztuczną inteligencją oraz inżynierią sterowania i informatyką. Napisał kilkanaście książek (WNT, Springer, PWNT), około 100 artykułów oraz 300 referatów konferencyjnych i rozdziałów książkowych (posiada ponad 600 cytowań, Index Hirscha = 7 wg ISI oraz 10 wg Google Scholar). W 1990 i 2003 otrzymał Nagrody Ministra Edukacji Narodowej (MENiS), a w 1999 Nagrodę Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej w zakresie sterowania. Członek Komitetu Automatyki i Robotyki PAN oraz władz TKP (NOT) i prezes PolSPAR (IFAC). Założyciel i redaktor naczelny Pomorskiego Wydawnictwa Naukowo-Technicznego.

e-mail: kova@pg.gda.pl

mgr inż. Michał Czubenko

W 2009 roku uzyskał tytuł magistra inżyniera w katedrze Systemów Decyzyjnych na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki PG w dziedzinie Automatyki i Robotyki. Od tego czasu prowadzi dalszą edukację w katedrze Systemów Decyzyjnych, gdzie spełnia się jako nauczyciel akademicki. Interesuje się sztuczną inteligencją, robotyką, psychologią oraz szachami.



e-mail: m.czubenko@gmail.com