Kraków 7.03.2016

dr hab. inż. Aleksander Byrski
Grupa Inteligentnych Systemów Informacyjnych
Katedra Informatyki, Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
olekb@agh.edu.pl
Tel: 012 328 33 00
Fax: 012 617 51 72

Recenzja rozprawy doktorskiej pt.:

Detekcja upadku i wybranych akcji na sekwencjach obrazów cyfrowych

autorstwa:

mgr inż. Michała Kępskiego

Obserwowane szczególnie w krajach europejskich starzenie się społeczeństwa zachęca (a być może wkrótce zacznie obligować, a nawet wymuszać) podejmowanie różnorodnych inicjatyw związanych z integracją osób starszych w społeczeństwie, podnoszeniem komfortu i wreszcie bezpieczeństwa ich życia. W te ramy wpisują się programy z dziedziny Ambient Assisted Living, w ramach których przykładowo fundowane są projekty naukowo-badawcze i badawczo-rozwojowe ukierunkowane na tworzenie metod i narzędzi wspomagających osoby starsze w sytuacjach życia codziennego.

Szczególnie istotną formą wspomagania osób starszych jest zwiększanie ich bezpieczeństwa przez ułatwianie dostępu do różnorodnych serwisów zdrowotnych (np. zdalne monitorowanie czynności życiowych, szybkie przeprowadzenie wybranych badań i zdalna konsultacja z lekarzem). Tego typu serwisy z jednej strony raczkują (ze względu na ogólne problemy Służby Zdrowia w Polsce), z drugiej strony z dużym prawdopodobieństwem za kilka lub kilkanaście lat staną się popularne, choćby ze względu na szybkość popularyzacji i adaptacji przez społeczeństwo nowinek technicznych, którą aktualnie obserwujemy.

Popularyzacja takich koncepcji jak Internet of Things i powiązanymi z nią Smart Cities czy Smart Buildings z jednej strony umożliwia łatwą akwizycję danych dotyczących samopoczucia i stanu zdrowia zainteresowanych osób, tworząc nieskończone możliwości wspomagania i zabezpieczania ich w codziennych czynnościach, z drugiej strony może być słusznie postrzegana jako ograniczenie prywatności, co abstrahując od kwestii prawnych

doprowadzić może znowuż do ograniczenia komfortu życia monitorowanych osób, ze względu na odczucie „bycia podglądanym". Ważnym jest branie pod uwagę takich aspektów podczas projektowania i wdrażania rzeczonych systemów.

W zarysowane obszary nauki i techniki doskonale wpisuje się tematyka rozprawy doktorskiej przygotowanej przez Doktoranta, która koncentruje się na opracowaniu i przetestowaniu zintegrowanego systemu detekcji upadków mającego na celu szybkie powiadomienie o zaistnieniu tego typu zdarzenia stosowne jednostki (np. oddział szpitala zajmujący się monitorowaniem stanu zdrowia osoby starszej czy choćby członków najbliższej rodziny).

Recenzowany manuskrypt liczy 131 stron i zawiera wstęp, 4 rozdziały, podsumowanie, bibliografię oraz dodatek. Struktura pracy sprawia wrażenie nie do końca zbalansowanej, liczba stron poszczególnych rozdziałów posiada dosyć znaczący rozrzut, widać również niejednorodność w głębokości sekcji i podsekcji. Praca została dobrze złożona przy pomocy narzędzia typu MS Word, które nie do końca sprawnie wspomaga tworzenie bibliografii, odnośników czy choćby schludne składanie wzorów matematycznych, natomiast Doktorant wyraźnie dobrze poradził sobie z zadaniem składu, mimo niedoskonałości wykorzystywanego narzędzia.

Niedociągnięciem formalnym w zawartości pracy jest brak streszczenia w języku angielskim (które to streszczenie jest wymagane zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 14 marca 2003 (wraz z późniejszymi zmianami) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595), art. 13 p. 6. Zgodnie z tą ustawą praca powinna być „opatrzona" streszczeniem, proponuję więc uzupełnienie manuskryptu stosowną „wkładką".

Pierwszy rozdział zawiera przegląd stanu wiedzy podając podstawowe wiadomości z dziedziny analizy i rozpoznawania akcji wykonywanych przez monitorowane osoby ze szczególnym uwzględnieniem problemu detekcji upadku, podając przegląd metod rozwiązania tego zagadnienia obecnych w literaturze tematu. Rozdział zawiera również podstawowe informacje dotyczące klasyfikacji wraz z określeniem zestawu miar do oceny jakości klasyfikacji. Na końcu omówiono dostępne zbiory danych do ewaluacji skuteczności detekcji upadku. Rozdział kończy się przedstawieniem zarysu konstruowanego systemu oraz zestawienie algorytmów opracowanych i adaptowanych przez Doktoranta, będącymi integralnymi komponentami systemu detekcji upadków.

Drugi rozdział zawiera szczegółowy opis systemu detekcji upadku, poczynając od podania szczegółowych informacji nt. opracowanego sprzętu (detektor głębi oparty o MS Kinect osadzony na obrotowej głowicy (horyzontalno-wertykalnej, tzw. pan-tilt) oraz komputer SOC Panda Board wraz z akcelerometrem skomunikowanym z komputerem SOC za pomocą BlueTooth) oraz szczegółowo opisane wykorzystane algorytmy przetwarzania obrazów i percepcji sceny wdrożone na opracowanym sprzęcie. W rozdziale zamieszczono dokładne opisy stosowanych algorytmów w formie pseudokodu oraz wizualizację ich działania.

Doktorant zestawia szereg znanych w literaturze tematu algorytmów (np. v-disparity transformatę Hougha, RANSAC) w celu detekcji podłogi a następnie przechodzi do budowy

mapy głębi w oparciu o zmodyfikowany algorytm Regions of Interest. Później przedstawione zostają metody detekcji sylwetki osoby oraz głowy, co jest sprawą szczególnie istotną ze względu na cel pracy (detekcję upadków). Tak opracowany system stanowi imponujące osiągnęcie inżynierskie, zaś widoczna biegłość i kreatywność w integracji różnych rozwiązań sprzętowych i algorytmicznych pozytywnie rzutuje na poziom naukowy przedstawionych osiągnięć (Doktorant nie tylko wykorzystuje popularne algorytmy, ale kreatywnie je modyfikuje w celu zestawienia efektywnie działającego systemu śledzenia obserwowanej sceny). Na uwagę zasługuje też opracowanie nowatorskiego mechanizmu śledzenia osoby. Finalny efekt pracy Doktoranta stanowi konkurencję dla istniejących systemów biorąc pod uwagę sprawność wykrywania osób a przy czym jego wymagania obliczeniowe pozwalają na efektywne uruchamianie go na procesorze typu ARM (SOC Panda Board).

Trzeci rozdział przedstawia stan wiedzy, założenia oraz zasadę działania systemu klasyfikującego koncentrującego się na wykrywaniu upadku bazując na opracowanym sprzęcie wraz z oprogramowaniem. Rozdział zaczyna się od prezentacji szeregu sposobów detekcji upadków znanych w literaturze tematu a następnie określone zostają zasady działania systemu, przy czym okazuje się, że nie tylko skuteczność detekcji jest istotnym aspektem tego typu systemów – równie ważną ich cechą jest akceptowalność przez użytkowników, którzy muszą wyrazić zgodę na ciągłe monitorowanie ich czynności. Dlatego też odejście od metod wizyjnych (RGB) w kierunku fuzji danych z akcelerometru oraz monitorowania głębi obrazu, które stanowią atrakcyjne komponenty systemu detekcji upadków ze względu na redukcję wrażenia „śledzenia" użytkownika na każdym kroku. Następnie Doktorant opisuje warstwy konstruowanego systemu, przy czym zasada jego działania wydaje się jednocześnie prosta i funkcjonalna – dane z akcelerometru służą do podania hipotezy o upadku, następnie po wystąpieniu takiej możliwości zostaje poddane analizie szereg ostatnio zbuforowanych obrazów (przebywających w buforze cyklicznym) w celu weryfikacji tej hipotezy.

Jako wejście do klasyfikatora zostaje wybrany szereg cech pochodzących z systemu monitoringu, takich jak stosunek wysokości do szerokości wydzielonej postaci, stosunek wysokości wydzielonej postaci do jej przewidywanej wysokości ustalonej za pomocą chmury punktów, odległość środka ciężkości postaci od podłogi, odchylenie standardowe wartości punktów należących do postaci od jej środka ciężkości czy relacja liczby punktów należących do postaci znajdujących się w niedalekiej odległości od podłogi.

Cechy i algorytmy detekcji zostają odpowiednio wyselekcjonowane i sparametryzowane w zależności od metody detekcji – Doktorant opisuje algorytm detekcji w sytuacji gdy kamera umieszczona jest na suficie oraz z boku pomieszczenia.

Końcówka rozdziału koncentruje się na badaniach eksperymentalnych klasyfikacji upadków bazując na standardowych algorytmach najbliższych sąsiadów oraz SVM. Wyniki prezentowane przez Doktoranta są wyraźnie lepsze od wybranych wyników literatury z którymi się On porównuje (prace Bourke i in.) w zakresie dokładności, precyzji i swoistości. Porównanie zostało przeprowadznone na bazie danych dostępnych w UR Fall Dataset dla kamery umieszczonej na wprost. Doktorant dodaje również wyniki dla sytuacji gdy kamera umieszczona jest u góry i bazując na własnych danych dowodzi, że klasyfikator zbudowany bazując na takim podejściu ma również znaczącą siłę dyskryminacyjną.

Rozdział czwarty omawia klasyfikator bazujący na logice rozmytej zastosowany do

detekcji upadku. Rozpoczyna się od podstawowych wyjaśnień dotyczących samej dziedziny logiki rozmytej oraz konstrukcji rozmytych klasyfikatorów. Następnie Doktorant podaje opis skonstruowanego systemu, który jako wejście do klasyfikatora pobiera określone wcześniej cechy statyczne oraz dodatkowo cechy dynamiczne takie jak zmiana wysokości czy odległości środka ciężkości postaci od podłogi mierzona w pewnym czasie oraz przyspieszenie. Klasyfikator rozmyty skonstruowany przez Doktoranta ma charakter hierarhiczny, a jego komponenty stanowią podsystem wnioskujący na bazie parametrów statycznych, podsysytem wnioskujący na bazie parametrów dynamicznych oraz podsystem decyzyjny. Podobnie jak to jest widoczne w całej pracy, Doktorant nie parametryzuje tych podsystemów ad-hoc, w szczególności mam tu na myśli dobór parametrów funkcji przynależności, tylko posługuje się sprawdzonymi technikami (w tym przypadku algorytmem Fuzzy c-means).

Następnie Doktorant znowu zwraca się do sprawdzonego wcześniej zbioru danych UR Fall Dataset, aby przetestować skonstruowany klasyfikator, poprawiając swoje wcześniej prezentowane wyniki w kontekście dokładności, precyzji i swoistości.

W podsumowaniu Doktorant przypomina szereg osiągnięć zaprezentowanych w pracy oraz zamieszcza stwierdzenie o tym, iż postawiona przez Niego teza znalazła potwierdzenie w pracy. Ostatni akapit podsumowania koncentruje się na planach przyszłych badań.

W tym miejscu chciałbym umieścić kilka uwag dyskusyjnych oraz sugestii powstałych po zapoznaniu się z rozprawą. Uprzejmie proszę Doktoranta o odniesienie się do nich w trakcie obrony:

1. Skonstruowana przez Doktoranta baza danych dot. upadków, która służyła do weryfikacji systemu zawiera symulowane upadki (z oczywistych względów). Osoba symulująca upadek doskonale wie, że on się wydarzy i świadomie upada w taki sposób, aby np. uniknąć urazu, ominąć przeszkody itp. Na ile wg Doktoranta może wpłynąć to na efektywność systemu klasyfikacji działającego w świecie rzeczywistym?
2. Nawiązując do kwestii 1 – wydaje się, że system klasyfikacji działający w świecie rzeczywistym powinien móc mieć możliwość uaktualniania swojej wiedzy bazując na rzeczywistych zdarzeniach przezeń obserwowanych (prawidłowo i nieprawidłowo sklasyfikowanych upadkach użytkownika). Proszę o zarysowanie takiej procedury uaktualniania wiedzy systemu.
3. Upadający będący w trakcie upadku świadomy będzie (w zależności od swojego stanu fizycznego) próbował zminimalizować skutki upadku (uniknąć urazu, ominąć przedmioty), być może również będzie probował wezwać pomoc, przy pomocy telefonu, dedykowanego urządzenia bezprzewodowego itp. Natomiast upadający, który stracił świadomość, z dużym prawdopodobieństwem upadnie bezwładnie. Na ile efektywne byłoby włączenie dedykowanych manekinów (kukieł, podobnych do tych, które biorą udział w badaniach nad wypadkami samochodowymi tzw. crash test dummies) do symulowania tego typu upadków i rozwoju bazy danych w celu lepszego uczenia klasyfikatora?
4. Opracowany system wydaje się atrakcyjny z punktu widzenai potencjalnego postępowania patentowego (chodzi tu o kompletny system sprzętowy wraz

z oprogramowaniem), wdrożenia czy też bazy do opracowania wniosków naukowo badawczych - czy były/będą rozważane kwestie patentowe, poszukiwania partnerów biznesowych czy też składania wniosków, choćby w programach Active and Assisted Living Programme?

Na końcu umieszczam wykaz wybranych, pomniejszych błędów edytorskich lub wynikających z niedopatrzenia Doktoranta, napotkanych podczas czytania pracy (powinny być one wprowadzone do tekstu, jeśli ten stanie się podstawą dalszych publikacji, jednak **nie wymagam** odniesienia się do nich przez Doktoranta w trakcie obrony):

- str 43, błędne odwołanie w tekście do równania, indeks Th a powinien być thold,
- wyjaśnienia symboli użytych w równaniach czasem są podawane przed a czasem po równaniach co wprowadza zamęt, wydaje się, iż Doktorant mógłby przyjąć jednolity sposób podawania takich wyjaśnień, np. po równaniu umieszczając określenie „gdzie" i następnie podając listę symboli w formie wypunktowania,
- brak spójności w terminologii, np. na stronie 11 Doktorant definiuje swoistość, podając jej tłumaczenie na j. Angielski jako specificity, a następnie w wielu miejscach w pracy wykorzystuje pojęcie „specyficzność" – co prawda tego typu pojęcie jest również używane, ale niespójność taka polegająca na stosowaniu kilku terminów do określenia tego samego parametru powoduje utrudnienia w śledzeniu wywodu, aż do momentu gdy czytelnik zorientuje się w istocie problemu,
- wiele definicji jest traktowanych dość wysokopoziomowo (nie jest wyjaśniony charakter zależności – np. obraz binarny I(x,y) ze strony 78 posiada wyjaśnienie słowne, nie wiadomo natomiast co stoi za symbolem I(x,y),
- str 79, definicja symboli we wzorze 3.8 – zaraz powyżej wzoru podane są opisy symboli wektorów w nim użytych – jeden z nich jest przedstawiony jako lista elementów podanych w nawiasie, drugi podany jako symbol – oczywiście znowu łatwo się jest domyślić o co Doktorantowi chodziło, ale powtórzyć należy, iż tego typu niedociągnięcia nie powinny mieć miejsca,
- Doktorant powinien był przygotować listę skrótów używanych w pracy lub indeks – tak aby szereg skrótów które nie są wyjaśniane w tekście (gdyż zostały opisane kilkanaście lub kilkadziesiąt stron wcześniej – np. ADLs na str 81),
- Gdzieniegdzie znaleźć można nieprawidłowe referencje do równań, np. na str. 90 są odnośniki do równań 4.23 i 4.24 a powinny być do 4.28 i 4.29
- Sporadycznie spotykane są błędy literowe (np. na str. 97 jest dyamic zamiast dynamic).

Podsumowując, wspomniane w trakcie recenzji uchybienia nie wpływają na moją wysoką ocenę rozprawy doktorskiej Doktoranta. Skonstruowany system detekcji upadków stanowi ambitne osiągnięcie inżynierskie zaś opracowanie metody integracji i adaptacji poszczególnych jego komponentów, poparte wcześniejszymi testami, rozważaniami teoretycznymi a w konsekwencji szeregiem publikacji naukowych (współtworzonych przez Doktoranta) cytowanych w pracy, niewątpliwie stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe

w dyscyplinie Informatyka, dowodząc kreatywności oraz biegłości Doktoranta w posługiwaniu się narzędziami i środkami wyrazu współczesnej nauki.

Zgodnie z moim rozeznaniem przedstawiona rozprawa spełnia warunki określone przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 (wraz z późniejszymi zmianami) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595), dlatego też wnoszę o dopuszczenie Pana mgr inż. Michała Kępskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.