

Mariusz RYCHLICKI¹

ZASTOSOWANIA TRÓJOSIOWYCH AKCELEROMETRÓW W UKŁADACH TELEMATYKI POJAZDÓW JEDNOŚLADOWYCH

Artykuł prezentuje trójosiowe akcelerometry i ich szerokie zastosowanie we współczesnych technikach: czujniki, telekomunikacja, urządzenia wskaźnikowe, pojazdy, itp. Główną uwagę zwraca jednak na możliwości ich wykorzystania w układach telematyki pojazdów jednośladowych. Ich użytkownicy mają znacznie większy udział w wypadkach śmiertelnych niż użytkownicy pojazdów wielośladowych, a wzrost liczby tego typu wypadków obserwujemy w ostatnich latach. Jednocześnie popularność jednośladowców stale rośnie. Artykuł prezentuje jeden ze sposobów na zwiększenie ich bezpieczeństwa w ruchu drogowym poprzez wykorzystanie układów akcelerometrów.

APPLICATIONS OF THREE-AXIS ACCELEROMETERS IN SINGLE TRACK VEHICLES TELEMATICS

This paper takes a look at the three axis accelerometers and their wide use in present techniques: sensors, telecommunication, sport equipment, pointing devices, vehicles, etc. Main attention was paid to the applications in single-track vehicles telematics. Their users have a higher rate of fatal accidents than automobiles. We can observe its increasing in Poland last years and the popularity of single track vehicles grows and grows in the same time. This is the reason we should pay the bigger attention to their road safety in the nearest future. This paper shows the way to partly solution the one of safety problem and its increasing by the accelerometers applications.

1. WSTĘP

Kwestie bezpieczeństwa należą do fundamentalnych aspektów współczesnego transportu, których najbardziej widocznym i podstawowym zagadnieniem jest bezpieczeństwo ruchu drogowego. Wyrażany w najprostszym ujęciu poprzez liczbę wypadków drogowych i ich ofiar stanowi on jednocześnie jedno z największych obciążeń współczesnego transportu, zarówno w ujęciu moralnym, jak i ekonomicznym. Ponoszone corocznie straty z tytułu wypadków drogowych mają olbrzymi zakres i poprzez ich ofiary

¹Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel. 022 234-73-11, mry@it.pw.edu.pl

oddziaływają na wszystkie dziedziny życia danego kraju, nie tylko na sam transport. Dokładne określenie wysokości ponoszonych z tego tytułu strat jest jednak trudne. Dane statystyczne wypadków drogowych za rok 2009, po raz pierwszy od długiego czasu, są dla Polski optymistyczne. Zanotowano wyraźny spadek liczby wypadków drogowych i ich ofiar, nie tylko w ujęciu rocznym, ale także w czasie niektórych tzw. „długich weekendów”, które zazwyczaj niosą ze sobą znaczący wzrost liczby wypadków i ofiar [3].

Istnieje jednak grupa użytkowników dróg, która zdaje się nie podlegać temu spadkowemu trendowi. Przeciwnie, stopień ich zagrożenia wypadkiem drogowym w ostatnim okresie wzrósł i tendencja ta może się utrzymać w najbliższych latach. Użytkownikami tymi są kierujący pojazdami jednośladowymi, czyli rowerzyści oraz kierowcy skuterów, motorowerów i motocykli. Opublikowane w ostatnim czasie raporty odnoszące się do bezpieczeństwa rowerzystów na polskich drogach jednoznacznie wskazują na ich wyjątkowo wysokie zagrożenie w ruchu drogowym. Polska pod tym względem zajmuje niechlubne, czołowe miejsce wśród krajów UE[4]. Podobna sytuacja ma miejsce w odniesieniu do silnikowych pojazdów jednośladowych. Jednak tutaj dokładna analiza tego zjawiska jest trudna, ponieważ zbierane w tym zakresie dane statystyczne są wyjątkowo skromne i nie obejmują kluczowych zagadnień, takich jak: moc pojazdu, masa pojazdu, typ i model pojazdu, itd. Ograniczają się jedynie do elementarnego i archaicznego podziału na motorowery i motocykle, co ma obecnie bardzo niewiele wspólnego z rzeczywistością. Nie ulega jednak wątpliwości, że pomimo ogólnej poprawy stanu bezpieczeństwa na polskich drogach zagrożenie użytkowników jednośladów jest bardzo wysokie i celowe jest intensyfikowanie działań w celu poprawy ich bezpieczeństwa.

2. TELEMATYKA W POPRAWIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU POJAZDÓW

Powszechnie uważa się, że rozwój i masowe wprowadzanie do pojazdów układów elektronicznego wspomaganie jazdy jest jednym z podstawowych kierunków działań, mających na celu wzrost bezpieczeństwa ruchu drogowego. W ostatnim czasie obserwujemy gwałtowny rozwój i upowszechnienie tego typu układów w pojazdach. Jednocześnie stopień ich zaawansowania został tak daleko posunięty, że zaczęły one przypominać wyrafinowane mikrosystemy telekomunikacyjne i teleinformatyczne, wzbogacone szeregiem układów pomocniczych, takich jak czujniki parametrów ruchu i pojazdu oraz automatyki i sterowania. Uzupełnienie tych rozwiązań specjalizowanym oprogramowaniem na poziomie układowym dopełniło przeobrażenia w rozwiązania wprost odpowiadające wyobrażeniu układów telematyki pojazdowej.

Zmiany te nie ominęły także silnikowych pojazdów jednośladowych, głównie motocykli, jednak zakres ich wykorzystania jest całkowicie odmienny od klasycznych samochodów osobowych. Podstawowy podział układów telematyki pojazdowej jest oczywiście taki sam i obejmuje urządzenia bezpieczeństwa czynnego, których zadaniem jest minimalizacja prawdopodobieństwa wystąpienia kolizji oraz urządzenia bezpieczeństwa biernego, których zadaniem jest minimalizacja skutków kolizji.

Bliższe jednak porównanie wykazuje daleko idące różnice w zakresie wykorzystania układów telematyki w pojazdach jedno i wielośladowych. W tych pierwszych, raczej ze zrozumiałych względów, próżno szukać tak elementarnego wyposażenia jakim są pasy bezpieczeństwa. Mogąca w pewnym zakresie zastąpić je poduszka powietrzna została wprowadzona dla pojazdów jednośladowych opracowana, jednak jej wykorzystanie nie

przyniosło zadowalających rezultatów. Obecnie prace nad tym rozwiązaniem są raczej marginalne, a ich miejsce zajęły badania nad rozwojem indywidualnych ochraniaczy – kurtek powietrznych. Próżno także szukać masowego wykorzystania w pojazdach jednośladowych układów ABS, które stały się standardem wśród samochodów osobowych. Jednak sytuacja ta powoli ulega zmianie. Jeszcze kilka lat temu uważano masowe wykorzystanie układu ABS w motocyklach za całkowicie nierealne. Dzisiaj, dzięki rozwojowi technologicznemu, trafiają one jako wyposażenie opcjonalne nie tylko do czołowych modeli motocykli, ale także do pojazdów wykorzystywanych na torach wyścigowych. Niemniej, do podstawowych układów telematyki pojazdów jednośladowych zaliczamy głównie: układy zabezpieczające przed blokowaniem kół ABS, amortyzatory skrętu, sprzężone hamulce, układy kontroli stabilności ASC, układy monitorujące ciśnienie w oponach RDC, układy elektronicznej regulacji zawieszenia ESA, poduszki, kurtki i kaski powietrzne. Jednak masowemu upowszechnieniu tego typu układowych rozwiązań w pojazdach jednośladowych stoi na przeszkodzie ich wysoka cena, zwykle wyższa niż ich odpowiedników stosowanych w samochodach osobowych lub przynajmniej wyższy procentowy udział tego typu wyposażenia w całkowitej cenie pojazdu. Znaczenie mają także ograniczenia w gabarytach i ładowności pojazdów jednośladowych oraz ich dłuższy czas eksploatacji w odniesieniu do pojazdów wielośladowych.

3. UKŁADY AKCELEROMETRÓW TRÓJOSIOWYCH

Akcelerometrem nazywamy układ (przyrząd), którego zadaniem jest pomiar przyspieszeń liniowych lub kątowych. Jego budowa wewnętrzna oparta jest na strukturze kondensatora różnicowego, którego zmiana pojemności jest uzależniona od wychylenia w danej osi układu odniesienia. W konsekwencji na wyjściu układu otrzymujemy zmianę napięcia proporcjonalną do zmiany pojemności, a więc i wychylenia układu. Konstrukcja rzeczywistego układu akcelerometru uzupełniona jest o układy pomocnicze, głównie bezpośrednio związane z procesem analogowo-cyfrowego przetwarzania napięcia. Sam układ występuje w wielu odmianach i wersjach, oferowanych przez szereg producentów. Generalnie umożliwia i charakteryzuje się: możliwością pomiaru przyspieszeń statycznych i dynamicznych, wyjściem analogowym i/lub cyfrowym, stałym okresem próbkowania, wypełnieniem przebiegu wyjściowego proporcjonalnego do wychylenia w danej osi, regulowanym pasmem, różnym zakresem pomiarowym +/- 2g, +/- 5g, +/- 10g, zdolnością do bezpośredniej współpracy z układem mikroprocesorowym, np. poprzez łącze transmisji danych I²C. Główną zaletą akcelerometru w wersji trójosiowej jest możliwość jednoczesnego pomiaru przyspieszeń w trzech osiach układu odniesienia. Dzięki temu umożliwia on nie tylko pomiar przyspieszeń i wychyleń, ale określenie położenia układu (obiektu) w przestrzeni. Zakres zastosowań akcelerometrów w dużym stopniu pokrywa się z możliwością wykorzystania układów żyroskopowych. Jednak niższa cena i rozwój technologiczny tych układów umożliwił ich powszechne zastosowanie w szeregu różnorodnych dziedzin: elektronika użytkowa (kontrolery gier, zabawki), telekomunikacja (sterowniki ekranów i menu telefonów komórkowych), automatyka i robotyka (identyfikatory położenia), inżynieria biomedyczna (protezy kończyn), sprzęt sportowy i rehabilitacyjny (liczniki dystansu i kalorii), systemy zabezpieczeń (detektory ruchu), transport (układy detekcji i pomiaru, urządzenia zabezpieczenia ładunku, czujniki wypadku, rejestratory parametrów jazdy).

4. WPLYW UMIEJĘTNOŚCI KIEROWCY NA BEZPIECZEŃSTWO JAZDY

4.1 Bezpieczeństwo w ruchu drogowym

Zagadnienie bezpieczeństwa w ruchu drogowym jest na tyle szerokie, że nie jest możliwe przedstawienie go w jakiegokolwiek formie w niniejszej pracy. Można tylko wspomnieć iż zależy ono, tak jak i jego poprawa, od bardzo wielu czynników. Jednym z nich jest oczywiście uzupełnienie pojazdu o szereg rozwiązań telematycznych wspomagających samą jazdę. Istnieje jednak szereg innych czynników, które warunkują zmiany w obszarze bezpieczeństwa ruchu drogowego. Jednym z nich jest szkolenie przyszłych kierowców na odpowiednio wysokim poziomie, co wydaje się być kluczowym zagadnieniem ze względu na oddziaływanie już w obszarze prewencji, czyli zapobiegania potencjalnym zagrożeniom[5]. Tezę tę potwierdzają dane statystyczne, które niezmiennie pokazują wyższe zagrożenie w ruchu drogowym młodych kierowców[3]. W kwestii tej zrobiono w ostatnich latach w Polsce wiele i generalnie są to zmiany na lepsze. Dotyczą one głównie zwiększenia liczby godzin szkolenia praktycznego dla podstawowej kategorii B oraz kategorii zawodowych. Zmiany te nie objęły jednak pojazdów jednośladowych kategorii A. Prace takie aktualnie trwają i mają zostać zakończone w 2010 r. Niestety, obejmują one jedynie kwestię ograniczenia dostępu do pojazdów uznanych przez ustawodawcę za nieodpowiednie dla młodych kierowców. Zagadnienia związane z samym szkoleniem kierowców tej kategorii w żaden sposób nie są tutaj poruszane, więc można spodziewać się, że niewiele one zmieniają. Tym bardziej, że wprowadzenie kategorii pośredniej dla pojazdów o mniejszej pojemności ma być związane jedynie z wiekiem kierowcy, a nie jego faktycznymi umiejętnościami i doświadczeniem.

4.2 Specyfika silnikowych pojazdów jednośladowych

Oczywiście na pojazd jedno i wielośladowy podczas jazdy oddziałują identyczne siły, jednak ich wpływ na prowadzenie pojazdu jest diametralnie różny[6]. Podstawowa różnica polega na tym, że mechanika ruchu pojazdu jednośladowego nakłada na jego kierowcę obowiązek utrzymania podczas jazdy (a nawet i postoju) równowagi. Paradoksalnie, dzięki efektowi żyroskopowemu kół, jest to tym łatwiejsze im szybciej porusza się pojazd. Jednak tylko podczas jazdy na wprost. Podczas skrętu pojazd jednośladowy wymaga chwilowego naruszenia stanu równowagi poprzez celowe i świadome działanie kierowcy. Wykonanie skrętu, co w pojeździe wielośladowym jest procesem całkowicie naturalnym, tutaj składa się z szeregu czynności, na których wykonanie, nawet przy dozwolonej prędkości, kierowca ma pojedyncze sekundy. Do czynności tych należą przede wszystkim:

- zwolnienie przed skrętem,
- wybór toru jazdy,
- pochylenie pojazdu,
- zwiększenie obrotów silnika (tzw. dodanie gazu), co nie jest jednoznaczne ze zwiększeniem prędkości a ma na celu jedynie przeciwdziałanie rosnącym oporom ruchu,
- wyprostowanie pojazdu,
- zwiększenie prędkości.

Kluczowym dla tego procesu jest zagadnienie przeciwskrętu, polegające na kontrolowanym przechyle jednoślada, poprzez wywieranie odpowiedniego nacisku na kierownicę. Niestety, w zdecydowanej większości podczas kursu na prawo jazdy nie jest ono nawet wspomniane, nie mówiąc o praktycznych ćwiczeniach. Podobna sytuacja występuje w odniesieniu do innych podstawowych zagadnień, takich jak hamowanie w zakręcie, przejazd przez przeszkody (dziury, uskoki, tory), jazda na śliskiej nawierzchni itd.

4.3 Wykorzystanie telematyki w procesie szkolenia

Rozwój układów elektronicznych, systemów teleinformatycznych i oprogramowania bezpośrednio przekłada się na upowszechnienie rozwiązań telematycznych. W dziedzinie szkolenia kierowców możemy zaobserwować to w obszarze różnego rodzaju symulatorów jazdy, których wpływ na jakość wyszkolenia i stopień oceny kierowców jest od dawna znany[7]. W ostatnim czasie przeszły one olbrzymie przeobrażenie, od stosunkowo prostych urządzeń, służących głównie do pomiarów czasu reakcji kierowcy, do zaawansowanych systemów teleinformatycznych. Dzięki zastosowaniu specjalizowanych układów pomiarowych i rejestrujących zapewniają one coraz wierniejsze oddanie rzeczywistości w warunkach symulowanych. Niestety, rozwiązania takie obejmują głównie kierowców zawodowych i to na etapie doskonalenia techniki jazdy. W procesie szkolenia, na poziomie podstawowym, właściwie nie występują na skalę masową.

5. PROPOZYCJA ROZWIĄZANIA NOWEGO TYPU

5.1 Podstawowe problemy

Przy szeregu oczywistych zalet symulatory jazdy mają jedną, podstawową wadę, którą jest ich cena. Na tej podstawie można wątpić, że w najbliższym czasie staną się one elementem szkolenia kierowców na poziomie podstawowym. Tym bardziej, że właściwie nie istnieją tego typu rozwiązania dla silnikowych pojazdów jednośladowych. Nieliczne podejmowane, np. przez firmę Honda, próby nie rokują szans na zmianę tej sytuacji w najbliższym czasie.

Podstawowymi elementami wpływającymi na koszt symulatora jazdy są elementy bezpośrednio związane z maksymalnie wiernym oddaniem warunków rzeczywistych w warunkach symulowanych: pomiar i rejestracja parametrów ruchu pojazdu (czujniki, rejestratory), oprogramowanie, elementy mechaniczne (siłowniki), wyświetlanie obrazu (projektor, ekrany) a nawet przeznaczone na sam symulator miejsce. Istnieje jednak możliwość ominięcia tych problemów i minimalizacji kosztów, co jest warunkiem upowszechnienia tego narzędzia szkolenia. Wystarczy pozostać w czasie szkolenia kierowcy w czasie rzeczywistym a do świata wirtualnego przenieść jedynie późniejszą ocenę i ewentualną korektę jego zachowań.

5.2 Założenia projektowe rozwiązania telematycznego

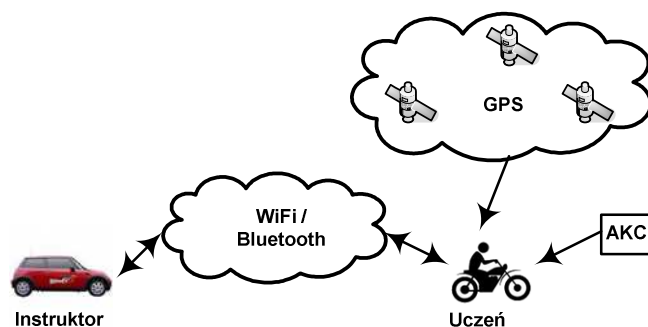
Podstawowym celem proponowanego rozwiązania jest sprzętowo-programowe wsparcie procesu szkolenia kierowców silnikowych pojazdów jednośladowych. Jak wspomniano wcześniej ich główna różnica w odniesieniu do pojazdów wielośladowych przejawia się w najistotniejszym zakresie, jakim jest kwestia odmierności prowadzenia

pojazdu. Ta natomiast związana jest z zagadnieniem utrzymania i kontroli równowagi samego pojazdu, a więc jego przechyłu. Oczywistym wydaje się tutaj zastosowanie układów akcelerometrów, które w sposób naturalny służą do detekcji i pomiarów nie tylko przyspieszeń ale i przechyłów.

Główna idea proponowanego rozwiązania opiera się na zainstalowaniu w pojeździe układu rejestracji parametrów ruchu, takich jak:

- położenie geograficzne pojazdu,
- prędkość i przyspieszenie w danej chwili,
- ułożenie (przechył) pojazdu (bok oraz przód i tył) w danej chwili,
- pozycja kierowcy (po rozmieszczeniu dodatkowych czujników).

Oczywiście układy akcelerometrów nie będą w stanie dostarczyć informacji o położeniu geograficznym pojazdu, co jest niezbędne do późniejszego nałożenia zarejestrowanych danych na mapę. Niezbędne staje się tutaj wykorzystanie klasycznego odbiornika GPS. Tym samym można już określić rodzaj i rozmieszczenie poszczególnych układów w systemie (rys. 1).



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia poszczególnych układów w systemie

Układ określa pozycję geograficzną pojazdu, uzupełnia je o dane z akcelerometru AKC i przekazuje je łączem radiowym do pojazdu instruktora. Tam następuje rejestracja i obróbka danych w czasie rzeczywistym i ich głosowe, dla jak najmniejszego rozproszenia uwagi, przedstawienie instruktorowi. Ten na ich podstawie na bieżąco koryguje błędy ucznia. Jest to tzw. tryb rzeczywisty. Istnieje jednak i drugi tryb pracy urządzenia, jako wyłącznie rejestratora parametrów ruchu pojazdu. W tym trybie nie ma potrzeby przekazywania danych instruktorowi, a realizowane jest jedynie ich rejestrowanie. Analiza danych i omówienie ewentualnie popełnianych błędów odbywa się później na podstawie zgromadzonych danych. Służy do tego oprogramowanie, zbliżone lub wręcz takie same, co wykorzystywane przez instruktora w trybie rzeczywistym. Oprogramowanie to powinno być udostępniane uczniom bezpłatnie, co umożliwi analizę własnych błędów także poza opłaconym czasem szkolenia. Aplikacja ta musi mieć oczywiście zaimplementowany algorytm oceny zgromadzonych danych, co wymaga dość dużej „inteligencji” oprogramowania. Tym samym niezbędny jest udział przy jej powstaniu doświadczonych instruktorów jazdy. Niemniej możliwa będzie detekcja takich błędów, jak:

- zbyt duża prędkość przy wejściu w zakręt,
- zbyt wczesne lub późne wejście w zakręt,
- hamowanie w zakręcie,
- wahania przyspieszenia podczas zakrętu,
- zbyt wczesne wyjście z zakrętu,
- zbyt nerwowa lub zbyt dynamiczna jazda,
- kłopoty z utrzymaniem równowagi,
- zbyt duże obawy w określonych sytuacjach, np. podczas mijania innych pojazdów,
- nieprawidłowe ułożenie ciała,
- zbyt słabe hamowanie awaryjne.

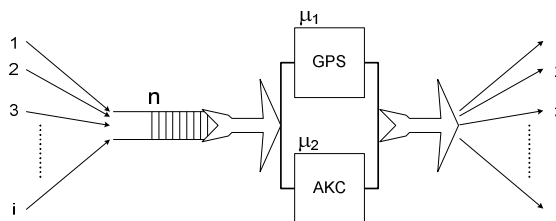
Dodatkowym atutem jest możliwość porównania osiągniętych rezultatów z wcześniejszymi wynikami, zarówno własnymi, innych uczniów, jak i samego instruktora.

5.3 Podstawowy problem

Głównym problemem w omawianej sytuacji jest niedostateczna dokładność danych lokalizacyjnych z systemu GPS. Wymagana jest tutaj precyzja pomiaru idąca daleko dalej, niż w klasycznych systemach nawigacji. Kolejnym problemem jest fakt, że typowy odbiornik GPS dostarcza dane o położeniu z częstotliwością zaledwie jednej sekundy. To oznacza, że nawet przy dozwolonej prawem prędkości jazdy pojazd w tym czasie może przejechać nawet do 30 metrów. To wystarcza dla orientacji i nawigacji w terenie, ale zdecydowanie za dużo, by można było analizować styl jazdy ucznia. Dlatego niezbędna staje się tutaj współpraca systemu lokalizacji GPS z układem akcelerometru także na płaszczyźnie obróbki danych lokalizacyjnych. Pozostaje jednak pytanie jak równoległa praca dwóch urządzeń o diametralnie różnych szybkościach działania wpłynie na wypadkową pracę systemu.

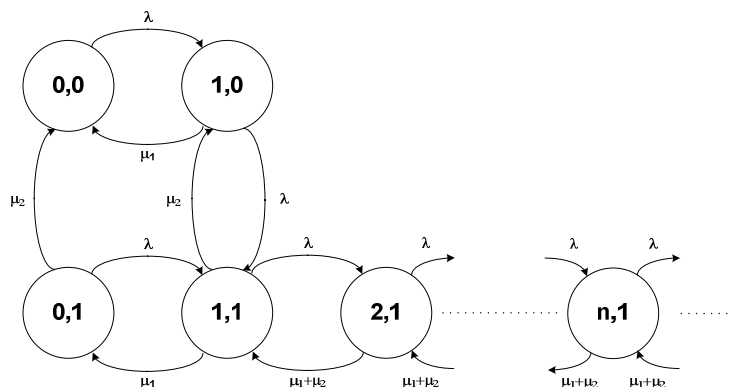
6. RÓWNOLEGLA PRACA DWÓCH URZĄDZEŃ

Pozostaje zatem oszacować wydajność systemu, w sytuacji syntezy dwóch urządzeń służących do określenia położenia pojazdu, jednego o większej, a drugiego o mniejszej wydajności. Powstały w ten sposób system tworzy klasyczny system kolejkowy M/M/2 który dzieli pomiędzy jego dwa składowe urządzenia obsługę strumienia wejściowego komórek λ (rys. 2)[8, 9, 10].



Rys. 2. Model systemu M/M/2

Graf stanów modelu M/M/2 został przedstawiony poniżej (rys. 3). Co istotne dla dalszych rozważań, nie jest to już proces typu narodzin i śmierci[10].



Rys. 3. Graf stanu modelu M/M/2

W stanie ustalonym równania równowagi modelu M/M/2 mogą być zapisane przez przyrównanie strumienia wejścia do danego stanu ze strumieniem wyjścia z tego stanu:

$$\lambda p(0,0) = \mu_1 p(1,0) + \mu_2 p(0,1) \quad (1)$$

$$(\lambda + \mu_1) p(1,0) = \mu_2 p(1,1) + \lambda p(0,0) \quad (2)$$

$$(\lambda + \mu_2) p(0,1) = \mu_1 p(1,1) \quad (3)$$

$$(\lambda + \mu_1 + \mu_2) p(1,1) = (\mu_1 + \mu_2) p(2,1) + \lambda p(0,1) + \lambda p(1,0) \quad (4)$$

$$(\lambda + \mu_1 + \mu_2) p(n,1) = (\mu_1 + \mu_2) p(n+1,1) + \lambda p(n-1,1) \quad (5)$$

dla $n > 1$

a jego współczynnik obciążenia wynosi:

$$\rho_3 = \frac{\lambda}{\mu_1 + \mu_2} = \frac{\rho_1 \mu_1}{\mu_1 + \alpha \mu_1} = \frac{\rho_1}{1 + \alpha} \quad (6)$$

Średnia liczba zadań do wykonania może zostać obliczona na podstawie liczby klientów w systemie w stanie (n_1, n_2) :

$$E[N] = 1 - p(0,0) + \frac{p(1,1)}{(1 - \rho)^2} \quad (7)$$

Skąd dla dwóch połączonych równolegle urządzeń otrzymujemy:

$$E_3[N] = \frac{1}{A(1-\rho_3)^2} \quad (8)$$

dla:

$$A = \left[\frac{\alpha(1+2\rho_3)}{\rho_1(1+\rho_1)} + \frac{1}{1-\rho_3} \right]$$

gdzie:

λ_n – intensywność strumienia zgłoszeń

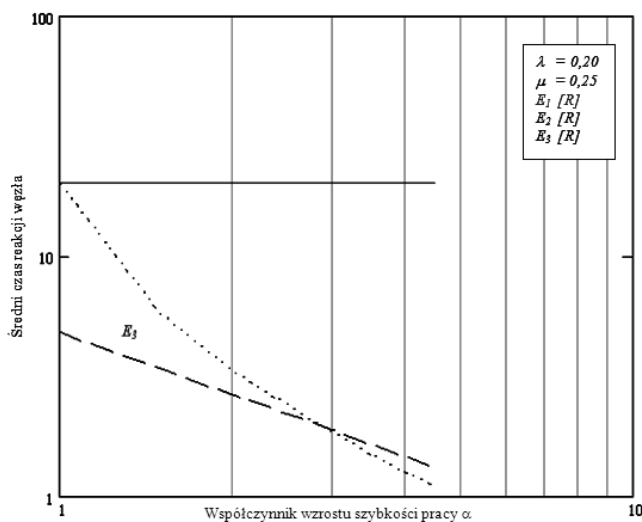
μ_n – czas obsługi

ρ_n – natężenie ruchu danych, definiowane jako stosunek λ/μ

ρ_n – prawdopodobieństwo wystąpienia danych do obróbki

E_n – średni czas reakcji urządzenia,

Z uzyskanych i przedstawionych (rys. 4) wyników symulacji wynika, że równoległe połączenie dwóch urządzeń w jednym celu (określenie położenia) zwiększa wprawdzie ich wypadkową wydajność, ale jednocześnie pokazuje granicę wydajności takiego układu, powyżej której nie osiąga się już poprawy średniej wydajności, a więc tym samym wzrostu skuteczności realizowanego zadania. Inaczej mówiąc wolniejsze urządzenie zaczyna spowalniać szybsze i uniemożliwia mu skuteczną pracę. Tym samym skuteczna współpraca odbiornika GPS i akcelerometru wymagać będzie dla określenia położenia pojazdu z oczekiwaną dokładnością rozwiązania pośredniego, czyli aproksymacji danych GPS w oparciu o dane z układu akcelerometru.



Rys. 4. Wykres zależności średniego czasu reakcji od współczynnika wzrostu szybkości α .

7. WNIOSKI

W pracy zaprezentowano spójną koncepcję projektu systemu telematycznego wspomagania procesu doskonalenia jazdy kierowców silnikowych pojazdów jednośladowych. Zwrócono uwagę, że tego typu rozwiązanie prezentuje zupełnie odmienne od dotychczasowych podejście do tego typu kwestii. Wprawdzie bazuje na najlepszych wzorcach i rozwiązaniach z obszaru wykorzystania symulatorów jazdy, pozwala jednak na ominięcie ich podstawowej wady, jaką jest koszt budowy i eksploatacji. Przedstawione rozwiązanie funkcjonujące na styku świata realnego i wirtualnego charakteryzuje się przewidywalnym bardzo niskim kosztem wdrożenia i eksploatacji, co jest warunkiem jego upowszechnienia. Służy temu zawarta propozycja wykorzystania układów trójosiowych akcelerometrów, co jest zarazem kluczem do minimalizacji wspomnianych kosztów, jak i podstawą funkcjonowania systemu. Przedstawione w pracy wyniki badań symulacyjnych wspólnej pracy dwóch urządzeń, której celem jest precyzyjne określenie położenia pojazdu, potwierdzają iż jednym z głównych problemów będzie niedostateczna dla tego rozwiązania dokładność systemu GPS. Problem ten będzie można rozwiązać na drodze aproksymacji danych w procesie ich przetwarzania w oprogramowaniu systemowym. Tym samym możliwe będzie systemowe, telematyczne wsparcie procesu kształcenia kierowców w nowy, niewykorzystywany do tej pory sposób.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] *Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego w krajach OECD*, Warszawa, Instytut Transportu Samochodowego 2008.
- [2] *Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz działania realizowane w tym zakresie w 2003 roku*, Warszawa, Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2004.
- [3] POLICJA RP: *Dane statystyczne o wypadkach drogowych*, <http://www.policja.pl>, styczeń 2010.
- [4] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Zdarzenia drogowe z udziałem rowerzystów STUDIUM*, <http://www.gddkia.gov.pl>, styczeń 2010.
- [5] Bąk J., *Wypadki drogowe a kształcenie młodych kierowców*, ITS, Warszawa 2003.
- [6] Hough D. L., *Motocyklista doskonały*, Buk Rower, Zielonka 2005.
- [7] Lozia Z., *Symulatory jazdy samochodem*, WKŁ, Warszawa 2008.
- [8] Czachórski T., Pastuszka M., *Efektywność równoległego wykonywania zadań*, Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 1996,.
- [9] Czachórski T., *Modele kolejkowe systemów komputerowych*, Politechnika Śląska, Gliwice 1999.
- [10] Filipowicz B., *Modele stochastyczne w badaniach operacyjnych - analiza i synteza systemów obsługi i sieci kolejkowych*, WNT, Warszawa 1996.