

# Symulatory ruchu i zarządzania bezpieczeństwem w transporcie

Kandydat na kierowcę samochodowego, czy kierowcę innego środka transportu, zwykle rozpoczyna naukę wykonując po raz pierwszy w życiu, takie czynności, jak uruchomienie pojazdu i pokonanie jakiegoś odcinka drogi. Nauka jazdy na rowerze lub motocyklu wymaga opanowania nowego nawyku związanego z utrzymywaniem równowagi dynamicznej podczas ruchu. Raz opanowane umiejętności utrzymywania równowagi dynamicznej są zwykle trwałe, a dalsze postępy w nauce związane są z doskonaleniem techniki jazdy.

Nauka jazdy samochodem, obok minimalnej choćby wiedzy teoretycznej i technicznej, wymaga praktycznej jazdy pojazdem pod okiem instruktora. Wiąże się to ze zużyciem paliwa, zanieczyszczeniem środowiska, wprowadzeniem do ruchu pojazdu, co do którego inni kierowcy, a także piesi, powinni mieć ograniczone zaufanie, itd. Z drugiej strony panuje powszechne przekonanie, że im dłużej trwa nauka praktycznej jazdy samochodem, tym lepiej dla umiejętności przyszłego kierującego pojazdem. Powstaje pozorny konflikt interesów w odniesieniu do ponoszonych kosztów nauki i bezpieczeństwa ruchu drogowego. Częściowo problem ten może rozwiązywać wprowadzenie symulatorów przeznaczonych do nauki jazdy samochodem lub do doskonalenia posiadanych już umiejętności kierowania pojazdem.

Symulator samochodowy uczy kandydata na kierowcę podstawowych nawyków technicznych przy kierowaniu pojazdem. Niezbędne wyposażenie takiego symulatora to: tablica przyrządów, kierownica, typowe pedały sprzęgła, hamulca i „gazu” oraz drążek zmiany biegów. Przed oczami kierowcy rozpostarty jest ekran pokazujący sytuację na drodze przed pojazdem. Gorzej wygląda sprawa z lusterkiem wstecznym i generowaniem obrazu z boków samochodu. Wzajemne dynamiczne powiązanie zobrazenia drogi, w miarę zmieniającej się szybkości jazdy samochodu, znacznie podraża koszty takiego symulatora. Kolejną niedogodnością jest trudność w symulowaniu zjawisk fizycznych, towarzyszących jeździe samochodem. Pojazd — w zależności od rodzaju i jakości nawierzchni — poddawany jest wibracjom o nierównomiernym przebiegu, zmienne jest też natężenie hałasu. Symulacja przyspieszania i hamowania samochodu również napotyka trudności (wiąże się z kosztami), podobnie jak wrażenia towarzyszące wchodzeniu samochodu w zakręt przy różnych prędkościach, które są bardzo trudne do naśladowania.

Powstaje więc pierwsze, kto wie czy nie podstawowe, pytanie: czy stosowanie symulatora samochodu w nauce jazdy ma przewagę zalet nad wadami? Kolejne pytania to: czy wprowadzanie sytuacji upodabniających jazdę „symulatorem” do jazdy realnym pojazdem (doskonałość wizualizacyjna sytuacji na drodze, zgodność i przemieszczanie się wzajemnie obrazu z przodu, boków i tyłu pojazdu, symulowanie wstrząsów i wibracji, przyspieszania i hamowania, przechyłania pojazdu podczas wirażu itp.) będzie uzasadnione ekonomicznie w stosunku do efektywności takiej nauki?

Odpowiedź na te pytania nie jest wcale ani łatwa, ani jednoznaczna. Co więcej — dotyczy ona praktycznie wszystkich form

transportu: lądowego, morskiego i powietrznego, w których stosuje się symulacje jazdy, płynięcia lub lotu.

Dla wojska produkowane są symulatory do nauki jazdy czołgami i działaniami pancernymi. Dla kolei stworzono rodzinę symulatorów lokomotyw. W marynarce handlowej i wojennej szeroko stosowane są symulatory statków i okrętów. Jednak największe zainteresowanie postępowaniem i stosowaniem symulatorów wykazuje lotnictwo wojskowe, cywilne i sportowe.

W latach 30. inżynier lotniczy Ed Link skonstruował pierwszy symulator lotu. Od tego czasu powstało wiele Link-trenerów, które początkowo były zamkniętymi nieruchomymi kabinami. Siedząc w ich wnętrzu pilot (kandydat) reagował na zmieniające się wskazania przyrządów pokładowych lub sytuację w powietrzu przedstawianą na ekranie przed kabiną. Rejestrowano ruchy nóg i dłoni na przyrządach sterowniczych, oceniając w ten sposób postępy w szkoleniu kandydata na pilota.

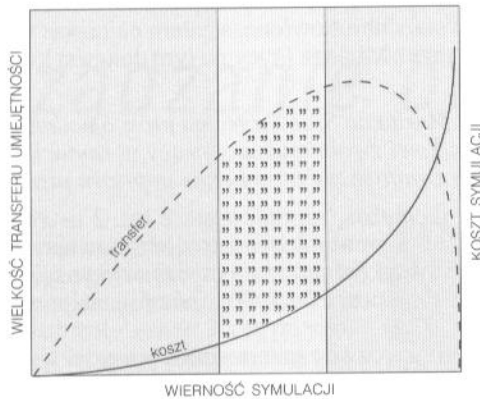
Kolejne wersje symulatora lotu składały się z ruchomej kabiny, umożliwiającej naśladowanie zmiany położenia „samolotu” w zależności od kierunku lotu oraz ekranu zajmującego coraz więcej pola widzenia pilota. Ważna stała się jakość wizualizacji sytuacji w powietrzu. Spodziewano się, że im bliższy rzeczywistości będzie obraz obserwowany na ekranie symulatora, tym lepsze będą rezultaty szkolenia. Entuzjaści tej formy szkolenia lotniczego snuli wizje bezproblemowej zmiany miejsca absolwenta kursu „szkolenia na symulatorze”, z kabiny symulatora na fotel w kabine prawdziwego samolotu. Zbędnym stałoby się kosztowne wielogodzinne latanie prawdziwym samolotem najpierw z instruktorem, potem szkolenie indywidualne o coraz bardziej złożonym stopniu trudności lotu. Szkolenie na symulatorze nie wymagałoby wydatków na paliwo, zabezpieczenie i kontrolę lotów, byłoby „bezwypadkowe”.

Była to niestety tylko wizja marzycieli. Już w symulatorze samochodu powstawały trudności z odtworzeniem, w miarę wiernym, łagodnych przecież przyspieszeń towarzyszących zmianie szybkości jazdy lub jej kierunku. Dla pilota zaś jest to bardzo istotny problem. Pilot samolotu podczas wirażu doświadcza ucisku na receptory czucia z okolicy pośladków, podczas gdy w symulatorze lotu odczuwa co najwyżej „leżenie na prawym lub lewym boku” (przy symulacji wirażu w lewo lub prawo). Odczuciu temu można zapobiec stosując różnice w wypełnieniu powietrzem poszczególnych części odzieży, naśladowując w ten sposób ucisk na różne okolice ciała. Ale to coraz bardziej podraża i tak wielkie koszty konstrukcji symulatora. Jeden ze znakomitych lotniczych psychologów amerykańskich, Stanley N. Roscoe, przedstawił diagram ilustrujący zależność między wiernością symulacji, jej kosztami a wielkością transferu umiejętności nabytych podczas lotu na symulatorze w stosunku do realnego lotu (rys.).

Warto zwrócić uwagę na zakreślone w diagramie pole ilustrujące fakt względnie wysokiego przyrostu transferu umiejętności nabytych podczas szkolenia, uzyskanego kosztem wierności symulacji. Dalszy wzrost wierności symulacji niewspółmiernie po-

draża jej koszt przy pozornie paradoksalnym zjawisku nagłego pogorszenia wielkości transferu umiejętności.

We współczesnym przemyśle lotniczym produkcja nowego typu samolotu praktycznie poprzedzana jest produkcją jego symulatora. Symulator ten wykorzystuje się do szkolenia przyszłych



Rys. Zależność między wiernością symulacji sytuacji lotniczej a jej kosztami oraz transferem nabytych umiejętności do pilotowania samolotem w warunkach realnego lotu (modyfikacja własna za S.N. Roscoe)

pilotów na nowym typie sprzętu. Dotyczy to zarówno lotnictwa wojskowego, jak i cywilnego.

Wprowadzenie symulatorów śmigłowców, ale także i samolotów myśliwskich spotkało się początkowo z entuzjazmem szkolonych, jak i szkolących. Udoskonalone symulatory miały możliwie najwierniej odtwarzać sytuację towarzyszącą realnemu lotowi. Celowi temu miały służyć:

- projektorowy, kolorowy system wizualizacji sytuacji w powietrzu,
- zastosowanie ruchomej platformy o 6. stopniach swobody dla możliwie pełnej symulacji położenia.

Przy masowości szkolenia zaobserwowano z czasem niepokojące zjawiska. W trakcie kolejnego treningu lub wkrótce po jego zakończeniu, u wielu szkolonych dochodziło do mdłości, wymiotów, zawrotów głowy, oczopląsu i pogorszenia samopoczucia ogólnego. Ten zespół objawów, bardzo podobnych do popularnej choroby lokomocyjnej lub poruszeniowej, nazwano **chorobą symulatorową**. Stwierdzono, że jej objawy nie występują u osób, które nigdy nie latały samolotem, a odbyły lot „na symulatorze”. By przyszli potencjalni pasażerowie samolotów nie traciли zaufania do pilota, stosowna będzie informacja o profilaktyce choroby symulatorowej. Nawet najbardziej łagodne jej objawy wyłączają pilota na odpowiednio długi czas z aktywności zawodowej. Po „locie” na symulatorze lot samolotem może odbyć się dopiero następnego dnia.

Z przytoczonych faktów może i powinien wynikać wniosek o przydatności symulatorów w nauce obsługi pojazdów, ze zrozumiałym zastrzeżeniem o ograniczeniach wynikających z różnic między prowadzeniem realnego i „symulowanego” pojazdu.

Poza samą nauką jazdy czy obsługi pojazdu, symulatory w transporcie wykorzystuje się też do:

- oceny obciążeń psychofizycznych towarzyszących pracy operatora (kierowcy, nawigatora czy pilota) pojazdu,
- indywidualnych badań sprawności i przydatności do zawodu.

Fizjolog oceniający obciążenia towarzyszące pracy operatora posługuje się interpretacją wyników pomiarów rejestrowanych czynności fizjologicznych. Parametry te różnią się między sobą mocą i wartością diagnostyczną. W tabeli zestawiono najczęściej

rejestrowane parametry fizjologiczne stosowane przy szacowaniu obciążenia pracą i zmęczenia.

Inną klasą symulatorów stosowanych w transporcie są symulatory do nauki koordynacji zespołów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo towarzyszące pracy systemów i różnych rodzajów środków transportu. Najbardziej zaawansowane symulatory służące temu celowi powstały dla lotnictwa.

Żałogi lotnicze w składzie: personel kabinowy (piloci, nawigatorzy), personel pokładowy (stewardessy i stewardzi) łącznie z inżynierami lotniczymi oraz z kontrolerami ruchu lotniczego odbywają wspólne treningi w przystosowanych do tego celu symulatorach. Możliwe jest wypracowanie stereotypów zachowań

PRZYKŁADY PARAMETRÓW FIZJOLOGICZNYCH STOSOWANYCH W OCENIE OBCIĄŻENIA PRACĄ ORAZ ZMĘCZENIA PODCZAS BADAŃ NA SYMULATORACH RÓŻNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Obciążenie pracą	Zmęczenie
Częstość skurczów serca	Kwas mlekowy we krwi
Aktywność bioelektryczna mózgu (EEG)	Temperatura głęboka ciała
Aktywność bioelektryczna mięśni (EMG)	Napięcie mięśni szkieletowych
Ciśnienie tętnicze krwi	Zmęczenie mięśni okoruchowych
Zmienność rytmu serca	Zaburzenia akomodacji i pogorszenie ostrości widzenia
Oporność elektryczna skóry	Zmiana proporcji fal alfa w EEG
Wzrokowe potencjały wywołane	Wydalenie metabolitów amin katecholowych
Wydatek energetyczny	Zmiany czynnościowe w zapisie EKG
Częstość oddechów	
Szerokość źrenic	
Produkcja śliny	
Wydalenie z moczem elektrolitów	
Wydalenie z moczem amin katecholowych	
Czas reakcji i pobudliwość	

w różnych sytuacjach trudnych, awaryjnych czy podczas akcji ratowniczych. W zależności od ćwiczonego wariantu, zmieniają się role poszczególnych członków załogi. Taką formę treningu „teamów”, stosowaną dla potrzeb bezpieczeństwa lotów, uznano za wzorcową dla innych form transportu i w innych dziedzinach życia. Posłużono się nią w szkoleniu „teamów” zespołów operacyjnych w składzie anestezjologów — chirurgów — personel pielęgniarski — personel logistyczny sali operacyjnej (dyżurni elektryk, hydraulik itp.).

Wydaje się, że rola symulacji i symulatorów będzie coraz szerszą formą szkolenia operatorów i służb zarządzających bezpieczeństwem pracy nie tylko w transporcie.

prof. KRZYSZTOF KWARECKI  
dr KRYSZYNA ŻUŻEWICZ  
Zakład Ergonomii  
Centralnego Instytutu Ochrony Pracy