

Niniejszy dokument opracowany na podstawie doświadczenia ma ułatwić Urzędowi Transportu Kolejowego (UTK) określenie cech wyróżniających wysokiej jakości symulator prowadzenia pociągu.

W tym celu opisaliśmy szereg naszym zdaniem istotnych czynników programowych i sprzętowych, jakie należy wziąć pod uwagę.

wychodzi z założenia, że decyzje o dopuszczeniu do udziału w zamówieniu należy podejmować w oparciu o kryterium skali projektów zrealizowanych w ostatnich latach oraz zdolności oferenta do świadczenia usług o wysokiej jakości, a nie tylko specyfikacji technicznych poszczególnych dotychczas zainstalowanych systemów. Takie podejście pozwala uniknąć zlecenia projektu firmie o małym doświadczeniu i wysokim ryzyku, co mogłoby narazić UTK na problemy w najbliższych latach.

INFORMACJE OGÓLNE

UTK powinien możliwie jak najdokładniej określić rodzaj kabiny oraz modele symulowanych pociągów. W tym celu należy opublikować wykaz pociągów wraz z ich składem.

Istotne jest też wskazanie, które elementy wyposażenia kabiny mają być identyczne jak w symulowanych pociągach, które mogą być podobne, a które mogą być odwzorowane tylko na ekranach dotykowych.

Jako przykład założymy, że chcemy symulować dwa pociągi tego samego producenta, które mają takie same kluczowe elementy, np. nastawnik jazdy. W tym przypadku logicznym rozwiązaniem będzie wierne odwzorowanie nastawnika, który w obu pojazdach pełni taką samą funkcję. Jeżeli jednak poza tymi dwoma hipotetycznymi pociągami mają być symulowane również pojazdy innych producentów, które różnią się od siebie praktycznie całym wyposażeniem, to UTK powinien określić, czy nastawniki powinny być wymienne, czy np. można zastosować na stałe nastawnik jednego wybranego producenta.

W związku z powyższym UTK powinien określić:

- Kompletny wykaz symulowanych pociągów.
- Które elementy na stanowisku maszynisty powinny być wierne odwzorowane, a które z nich mogą być wymieniane.
- Przyrzędy rzeczywiste symulatora dla każdego pociągu.
- Elementy sterowania, które mogą być odwzorowane „wirtualnie” (na ekranach dotykowych).

OPROGRAMOWANIE

Wirtualne trasy przejazdu

1. Sygnalizacja samoczynna na trasach

Łączna długość daje wyłącznie pojęcie ilościowe, ale nie jakościowe na temat symulowanych tras. Aby ułatwić instruktorowi pracę, oprogramowanie należy zaprojektować w taki sposób, żeby po wybraniu ćwiczonej trasy wszystkie elementy sygnalizacji były konfigurowane automatycznie. Pozwoli to uniknąć żmudnego programowania stanu sygnałów przy każdym ćwiczeniu – system ustawi go automatycznie na całej trasie przejazdu. W żadnym wypadku nie ogranicza to jednak swobody instruktora, który może symulować awarie sygnałów, nieprawidłowo ustawiać zwrotnice i generować inne zdarzenia związane ze stanem linii.

Tymczasem w symulatorach o niskim standardzie (które mimo to mogą uwzględniać wiele kilometrów tras) instruktor musi poświęcić dużo czasu na ręczne przygotowanie poszczególnych sygnalizatorów przed każdym ćwiczeniem.

2. Stacje

Stacje wzdłuż przemierzanej trasy muszą być całkowicie rozpoznawalne, nie należy stosować szablonów.



3. Sieć trakcyjna

Należy odwzorować rzeczywisty układ istniejącej sieci trakcyjnej zamiast korzystać z szablonów.

System wizyjny symulatora

1. Generowanie obrazów

Zalecane jest natywne generowanie obrazów na każdym kanale wizyjnym (jeżeli system składa się z więcej niż jednego ekranu) o rozdzielczości co najmniej Full HD (1920x1080) i częstotliwości odświeżania 60 Hz. W miarę możliwości warto rozważyć rozdzielczość 4K (4096x2160) / 60 Hz.

W każdym razie częstotliwość odświeżania systemu sprzętowego powinna wynosić co najmniej 60 Hz, aby zapewnić płynne wyświetlanie generowanych obrazów. Obraz powinien być generowany bez przepłotu i z opóźnieniem nieprzekraczającym 35 ms. Obrazy powinny być generowane w 16 milionach kolorów o głębokości 24 bitów w skali RGB.

Generowane obrazy powinny mieć taką samą rozdzielczość jak docelowy ekran. Przykładowo: obraz Full HD / 60 Hz wyświetlany na ekranie o rozdzielczości 4K nie będzie wyglądał tak samo jak obraz 4K / 60 Hz.

2. Wydajność generatora obrazów

Częstotliwość odświeżania obrazów na każdym kanale powinna być stała i w żadnym razie nie może występować zjawisko gubienia klatek ani migotania, ponieważ znacznie obniża to jakość wizualizacji.

3. Obiekty w pobliżu trasy

Symulator powinien umożliwiać wygenerowanie co najmniej 150 ruchomych obiektów w pobliżu pociągu, m.in. ludzi, pojazdów lub zwierząt. Obiekty te powinny poruszać się w możliwie naturalny sposób.

4. Rozpoznawalność obiektów i sygnałów

Obiekty i sygnały powinny być rozpoznawalne z realistycznej odległości. Jeżeli chodzi o sygnały, to odległość widoczności określono w obowiązujących w danym kraju przepisach kolejowych. W specyfikacji symulatora należy uwzględnić dokładne dane dotyczące rozpoznawalności poszczególnych obiektów:

- Odległość, z której są rozpoznawalne sygnały świetlne. (Na przykład >300 m)
- Odległość, z której są rozpoznawalne sygnały świetlne i kształty. (Na przykład >120 m)
- Odległość, z której są czytelne sygnały. (Na przykład >50 m)
- Odległość, z której są rozpoznawalne sygnały w tunelach. (Na przykład >250 m)
- Odległość, z której można zidentyfikować sygnały odblaskowe. (Na przykład >300 m)

UTK powinien dokładnie określić odległości wymagane w odpowiednich przepisach, aby umożliwić realistyczne odwzorowanie świata w symulatorze. Co się tyczy pozostałych obiektów, należy określić odległość, z której będzie można rozpoznać je na torowisku oraz poza nim.

5. Wysoka jakość oświetlenia

Oświetlenie scenerii zmienia się w zależności od różnych czynników, jak m.in. światło naturalne (dzień, noc, świt, zmierzch), warunki pogodowe oraz światło sztuczne (pochodzące z samego pociągu, innych pojazdów, latarni, stacji, budynków itd.).

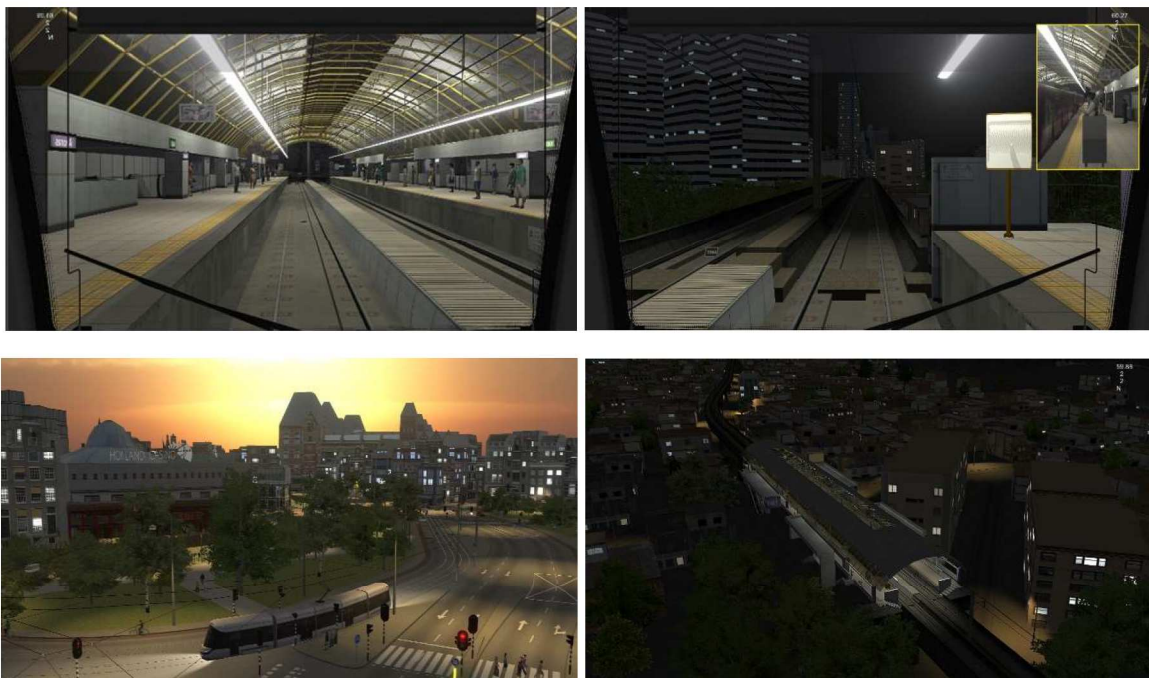
Umiejętne odwzorowanie oświetlenia przy użyciu cieni i rozmaitych efektów świetlnych zdecydowanie zwiększa poziom realizmu ćwiczeń. Efekty świetlne podnoszące jakość generowanego obrazu:

- Oświetlenie dzienne i zależne od warunków atmosferycznych: Symulacja powinna jak najwierniej odzwierciedlać oświetlenie o danej porze dnia przy panujących warunkach atmosferycznych.



- Efekt oślepienia: przez słońce nisko nad horyzontem lub pojazd nadjeżdżający z naprzeciwka.

- Oświetlenie budynków i/lub stacji: jakość oświetlenia budynków i stacji powinna zapewniać wysoki poziom realizmu, wskazana również możliwość regulacji jasności.



- Efekt halo: tak jak w rzeczywistości, wokół źródeł światła świecących w mroku powinna być widoczna aureola. Znacznie zwiększa to realizm generowanego obrazu.
- Oświetlenie nocne i w tunelach: oświetlenie sztuczne (latarnie) zarówno na wolnym powietrzu, jak i w tunelach, powinno być możliwie realistyczne.



6. Cienie

Na wygenerowanym obrazie powinny być widoczne cienie rzucane przez poszczególne obiekty w zależności od kąta padania światła. Uwzględnienie cieni na generowanym obrazie znacznie podnosi stopień realizmu, a co za tym idzie – także ogólnej wierności prowadzonych symulacji.

7. Elementy przezroczyste w innych pociągach

Dobrze by było, gdyby inne pojazdy widoczne z kabiny miały w miarę możliwości przezroczyste elementy:

- Dzięki temu uczestnik szkolenia będzie mógł zobaczyć osoby prowadzące mijane lokomotywy, pociągi lub inne pojazdy.
- W ćwiczeniach nocnych wagony pasażerskie powinny być oświetlone w taki sposób, aby można było zobaczyć ich wnętrza.

8. Inne efekty wizualne

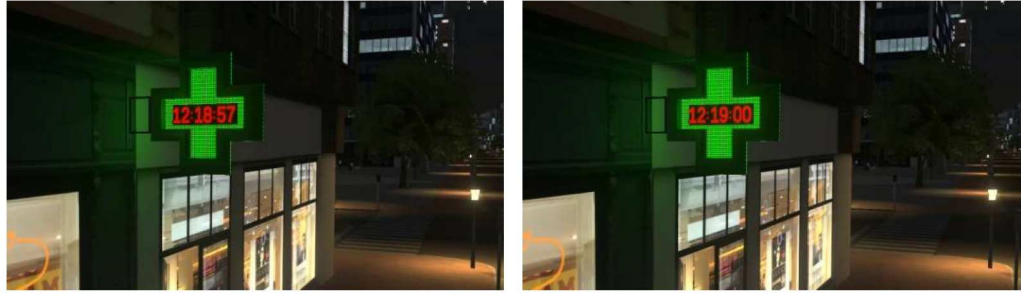
- Zaparowane szyby: Ograniczenie widoczności przez wilgoć osiadającą na przedniej szybie. Ten efekt może być uwzględniony na liście zdarzeń, aby nauczyć kursanta postępowania w takim przypadku.



- Ślady wody pozostawiane przez wycieraczki: działające wycieraczki mogą pozostawiać realistyczne ślady.
- Gromadzenie się wody lub śniegu na wycieraczkach.



- Gromadzenie się liści lub resztek roślinności na torowisku.
- Gromadzenie się śniegu na torowisku.
- Zalane torowisko.
- Ruchome elementy świetlne.



- Realistyczne falowanie i przepływ wody.

9. Poszerzanie pola widzenia za pomocą joysticka

Kiedy pociąg stoi, może zdarzyć się, że jakiś sygnalizator lub inny obiekt w pobliżu będzie niewidoczny z siedzenia maszynisty. W prawdziwym pociągu maszynista w takiej sytuacji po prostu wstaje z siedzenia i wychyla się przez pulpity, aby przyjrzeć się danemu obiektowi.

Do symulacji tej czynności służy joystick, który pozwala poszerzyć pole widzenia do góry, w dół lub na boki, aby dostrzec elementy, o których mowa.

Funkcje

1. Funkcja śledzenia wzroku (ang. Eye-Tracking)

Funkcja *Eye-tracking* ma na celu śledzenie wzroku kursanta celem stwierdzenia, czy patrzy on na odpowiednie elementy na ekranie. Może to dostarczyć bardzo cennych wiadomości na temat reakcji kursanta, gdy patrzy na sygnalizator, inne obiekty lub gdy widzi konkretne zdarzenie.

UTK może określić dowolną liczbę elementów wymagających uwagi i odpowiedniej reakcji kursanta. System gromadzi wszystkie tego typu informacje z każdej sesji, dzięki czemu instruktor może je potem przeanalizować i omówić z kursantem celem wyrobienia prawidłowych nawyków podczas jazdy.

2. Moduł pytań i odpowiedzi

Dodanie modułu pytań i odpowiedzi pozwoli sprawdzać *online* wiedzę kursanta pracującego w danym momencie na symulatorze oraz ewentualnych obserwatorów sesji.

Instruktor może zaprogramować pytania wyświetlane w trakcie ćwiczenia lub w dowolnym momencie zlecить wyświetlenie pytania np. związanego z konkretnym zdarzeniem w toku symulacji. W tym celu wystarczy sformułować pytanie i dodać cztery możliwe warianty odpowiedzi. Symulacja zostanie wstrzymana i kursant będzie musiał odpowiedzieć na wyświetlone pytanie za pomocą wyznaczonego ekranu dotykowego na pulpicie. Obserwatorzy będą mogli odpowiadać na pytanie za pomocą urządzeń wskazujących lub pilotów. Wszystkie odpowiedzi zostaną zapisane w sesji do późniejszego wglądu instruktora.

3. Edytor reguł symulowania awarii, zdarzeń itp. na podstawie różnych kryteriów

Za pomocą tej funkcji instruktor może zaprogramować automatyczne symulowanie awarii, zdarzeń i tym podobnych sytuacji, np. zmian warunków atmosferycznych lub oświetleniowych na podstawie przebiegu sesji. Może na przykład określić, co się wydarzy, jeżeli kursant zignoruje dwa sygnały. Dzięki temu instruktor nie musi przez cały czas nadzorować przebiegu równocześnie odbywanych sesji, tylko może z góry określić zdarzenia symulowane w zależności od wcześniejszych sytuacji.

4. Konfigurowalne stanowisko obserwacyjne

Dzięki tej funkcjonalności instruktor może zdecydować, co ma być pokazywane na stanowisku obserwacyjnym w trakcie poszczególnych sesji. Instruktor może elastycznie dostosować wyświetlane treści zależnie od aktualnie realizowanego ćwiczenia, aby zwrócić uwagę obserwujących na najistotniejsze jego zdaniem aspekty.

5. Pociąg w ruchu

Ta funkcjonalność pozwala instruktorowi rozpocząć ćwiczenie na wybranym odcinku trasy z pociągiem od razu jadącym z zadaną prędkością. Dzięki temu zamiast rozpoczynać każde ćwiczenie od rozruchu pociągu, można od razu przećwiczyć konkretne sytuacje. W tym miejscu warto ponownie zaznaczyć, że cała sygnalizacja na odcinku konfigurowana jest automatycznie, instruktor musi tylko określić początkowy stan pociągu, jego prędkość oraz punkt startowy i końcowy ćwiczenia. Pozostałe parametry zostaną wyliczone przez oprogramowanie.

6. Różne widoki na stanowisku instruktora

Instruktor może wybrać perspektywę symulacji. Oprócz widoku z kabiny maszynisty może wybrać inne punkty kamery dające szersze pole widzenia, a także określić kąt ustawienia kamery. Do wyboru m.in. widok z góry, z przodu, z boku pociągu itd.

7. Zaśnieżona sceneria i ludzie w zimowych ubraniach

Ta funkcja wpływa nie tylko na warunki atmosferyczne. Jeżeli instruktor wybierze zaśnieżoną scenerię, jej wygląd całkowicie się zmieni: na torowisku pojawi się śnieg, drzewa będą pozbawione liści, ludzie na stacjach ubrani będą na zimowo, a w razie deszczu mogą nawet trzymać parasole.



8. Liczba pasażerów zależna od opóźnienia / wyprzedzenia rozkładu

Nietrzymanie się rozkładu można symulować poprzez zmianę liczby pasażerów oczekujących na przyjazd pociągu. Jeżeli pociąg dojedzie na stację z opóźnieniem, bardzo możliwe, że będzie czekać na niego więcej osób niż zwykle.

9. Możliwość zaplanowania czasu postoju na każdej stacji i kontroli opóźnień

Ta funkcjonalność pozwala instruktorowi określić wymagany czas postoju na każdej stacji. Dzięki temu zarówno instruktor jak i kursant mogą na bieżąco śledzić łączny czas opóźnienia (lub wyprzedzenia rozkładu) na danym odcinku. Powoli to wyrobić nawyk dostosowywania prędkości jazdy do aktualnych warunków w taki sposób, aby uzyskać możliwie najwyższą punktualność.

10. Ustalanie rozkładu jazdy

Ruch pociągów na danej trasie można zaprogramować według rzeczywistego rozkładu jazdy. Dzięki temu maszynista może przyzwyczajać się do prawdziwego rozkładu, mijając takie same pociągi w odpowiednich miejscach pokonywanej trasy. Pozwoli to wyrobić nawyk dostosowywania się do narzuconego rozkładu z uwzględnieniem obowiązujących ograniczeń.

11. Narzędzia do usuwania awarii w tzw. wirtualnym korytarzu

W wirtualnym korytarzu szczegółowo odtworzone są wszystkie drzwiczki, klapy i elementy, z których maszynista może korzystać celem usunięcia awarii pociągu. W tym przypadku UTK powinien przedstawić szczegółowe informacje na temat symulowanych pociągów i ich układów, aby umożliwić zaprojektowanie modułu w sposób możliwie wiernie odzwierciedlający rzeczywistość.

12. Porównywanie i ocena postępów konkretnych kursantów i grup szkoleniowych

Dzięki tej funkcjonalności wszystkie zmienne rejestrowane w trakcie sesji można zapisać w formacie ułatwiającym ich późniejszą analizę m.in. w postaci graficznej, np. .csv (lub innym określonym przez UTK). Można np. zapisać sesję, która posłuży za wzorzec (pociąg prowadzony przez najlepszego kursanta lub przez instruktora), z którym pozostali kursanci będą mogli łatwo porównywać swoje wyniki.

13. System statystyczny

Ze wszystkich zarejestrowanych zmiennych można utworzyć zbiór danych statystycznych dotyczących konkretnej grupy szkoleniowej, który ułatwi instruktorowi ocenę jej postępów. Dzięki temu można na przykład ustalić, z jaką awarią kursanci z danej grupy radzą sobie najłagodniej, aby w kolejnych sesjach skupić się na poprawie tego właśnie aspektu. Można również zidentyfikować kursantów, którzy najbardziej odstają od prowadzonej grupy lub wcześniejszych grup, aby zastosować indywidualny tok szkolenia. Ten moduł pozwala lepiej przyjrzeć się postępom poszczególnych uczestników szkolenia i poprawić ich wyniki w konkretnych dziedzinach.

14. Podgląd scenarii celem dodania obiektów i dostosowania ich położenia

Dzięki tej funkcjonalności instruktor może przeglądać scenериę z dużym stopniem szczegółowości, aby w dowolnym jej miejscu dodać obiekty w wybranym położeniu, np.: w poprzek torowiska, na jednej z szyn, obok torów, na przewodzie jezdnyim itd. Dokładne odwzorowanie położenia obiektów znacznie podnosi realizm szkolenia i uczy podejmowania odpowiednich decyzji zależnie od zastanej sytuacji.

SPRZĘT

Aby zapewnić odpowiednią jakość poszczególnych systemów wchodzących w skład symulatora, warto zwracać uwagę na certyfikaty producenta, a w przypadku elementów od poddostawców – naciskać na stosowanie urządzeń renomowanych marek.

Ruchome platformy

Jeżeli konieczne jest zastosowanie platform o 6 stopniach swobody, należy postawić na urządzenia wiodących marek jak MOOG lub Bosch Rexroth.

Dodatkowo platformy powinny być wyposażone w odpowiednie zabezpieczenia. Przede wszystkim chodzi tu o zapewnienie strefy bezpieczeństwa wokół każdego symulatora, aby uniknąć ewentualnych wypadków. Wokół każdego symulatora należy wyznaczyć przestrzeń o szerokości x metrów, w której nie może znaleźć się żaden obcy element blokujący ruch. Przed rozpoczęciem korzystania z symulatora należy odpowiednio przygotować kabinę, aby zapewnić bezpieczeństwo osobie przebywającej w jej wnętrzu, zabrać schodki wejściowe i inne obce elementy ze strefy roboczej platformy i zabronić innym osobom zbliżania się do symulatora. Jeżeli w tym samym pomieszczeniu zainstalowane będą dwa symulatory, odległość między nimi powinna być większa od szerokości strefy bezpieczeństwa.



Ekrany

Wszystkie ekrany powinny być wyposażone w matryce renomowanych marek: Samsung, LG lub Philips.

Główny ekran na stanowisku szkoleniowym, czyli ten na którym wyświetlana jest symulacja, powinien mieć rozdzielczość 4K (4096x2160) oraz częstotliwość odświeżania co najmniej 60 Hz.



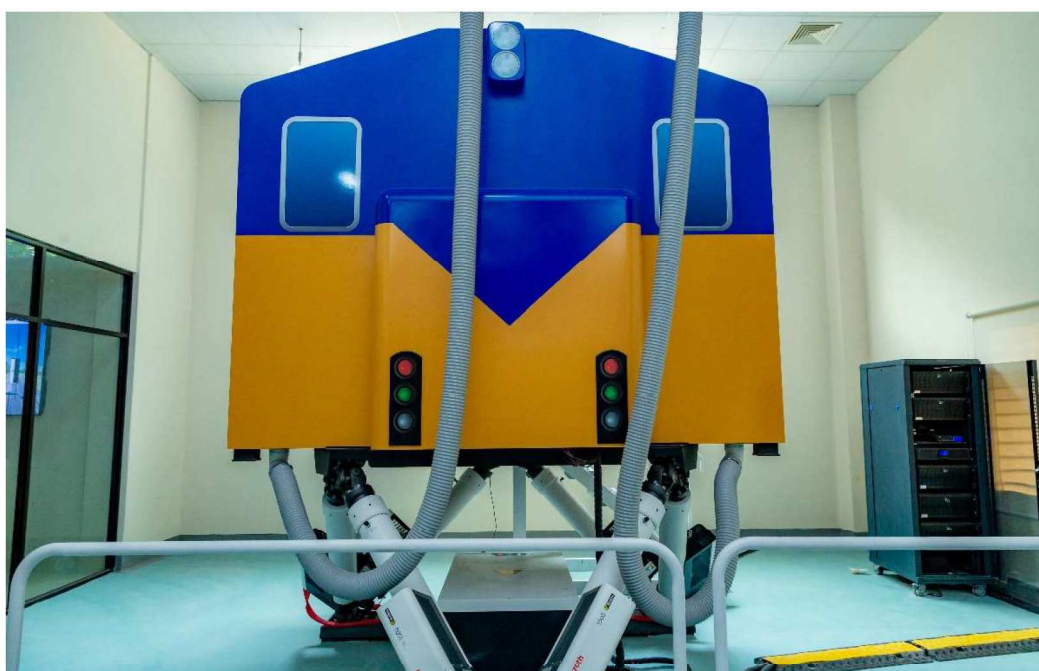
Ekran na stanowisku instruktora powinien mieć rozdzielczość co najmniej Full HD, a ekrany na stanowisku obserwacyjnym powinny być kompatybilne z rozdzielczością 4K. Ekrany na stanowisku instruktora i stanowisku obserwacyjnym również powinny mieć rozdzielczość Full HD.





Odległość między serwerem i symulatorem

Aby zapewnić możliwie wysoką jakość generowanego obrazu, odległość między serwerem i symulatorami nie może być zbyt duża. Symulatory o niskim standardzie zwykle wymagają do pracy wielu szaf sprzętowych zamontowanych w osobnym pomieszczeniu. W związku z tym wspomniana odległość jest zbyt duża, by można było uzyskać obraz w jakości 4K / 60 Hz. W dodatku przy dużej liczbie szaf znacznie wzrasta pobór prądu oraz ilość generowanego ciepła, co z kolei wymusza konieczność zastosowania klimatyzacji, aby utrzymać stałą temperaturę, bez czego urządzenia uległyby uszkodzeniu. Tymczasem w symulatorach kolejowych o wysokiej jakości wystarczy niewielka liczba szaf, co znacznie ogranicza łączny pobór prądu. Niezbędne szafy można w związku z tym ulokować blisko symulatorów, co pozytywnie wpływa na jakość generowanego obrazu, pozwala zredukować opóźnienie w transmisji sygnału oraz poprawić synchronizację między oprogramowaniem i sprzętem. Symulatory z szafami w osobnym pomieszczeniu zazwyczaj pobierają więcej energii i charakteryzują się niskim stosunkiem wydajności do poboru.



Dzięki swemu doświadczeniu oferuje urządzenia o ponadprzeciętnej żywotności – możemy już pochwalić się systemami działającymi od 15 lat bez żadnej poważnej awarii. Ewentualne aktualizacje sprzętowe niezbędne są wyłącznie w razie konieczności dodania nowych funkcji lub zainstalowania dodatkowych urządzeń umożliwiających symulowanie nowych pociągów itp. W ciągu 18 lat zrealizowaliśmy przeszło 380 projektów na 5 kontynentach i żaden z naszych symulatorów nie wymagał odrębnego pomieszczenia na szafy.

Fizyczne elementy sterujące

UTK powinien możliwie jak najdokładniej określić, w jakie fizyczne elementy sterujące ma być wyposażony zamawiany symulator. Biorąc pod uwagę, że system ma umożliwiać symulację różnych typów pociągów, należy dokładnie określić ich modele oraz wskazać wspólne i wymienne elementy sterujące.

Pole widzenia

Pole widzenia w symulatorze powinno odpowiadać standardowej widoczności z kabiny maszynisty. W przypadku symulatorów kolejowych zalecamy zastosowanie pojedynczego ekranu z przodu stanowiska szkoleniowego, na którym wyświetlane będzie wirtualne torowisko, ponieważ takie rozwiązanie zapewnia maksymalny realizm symulacji.

KRYTERIA DOPUSZCZENIA I OCENY

Kryteria dopuszczenia do udziału w zamówieniu

Tak jak już wcześniej zaznaczyliśmy, aby zapewnić jak najlepszą jakość symulatora i dopuścić do przetargu producentów o uznanej renomie, warto zastosować kryterium doświadczenia w realizacji projektów na dużą skalę. Przystępujący powinni w związku z tym wykazać:

- **Możliwości techniczne:** Wykonawca powinien działać na rynku od co najmniej 5 lat i zrealizować w tym czasie co najmniej 5 projektów w zakresie symulatorów kolejowych o wartości ponad 1 mln euro w 5 różnych krajach.
- **Doświadczenie w zakresie konserwacji:** Wykonawca powinien wykazać się ponadprzeciętnym doświadczeniem w konserwacji systemów.
- **Stabilną sytuację finansową:** Wykonawca powinien wykazać, że jego sytuacja finansowa nie zagraża realizacji zamówienia UTK.

Zdecydowanie odradzamy umieszczanie w kryteriach dopuszczenia konkretnych warunków technicznych, jak np.: symulowanie konkretnych modeli pociągów i typów linii kolejowych lub dostawa systemów z platformami itp. Takie podejście grozi faworyzowaniem wykonawców, którzy mogą pochwalić się realizacją konkretnych rozwiązań, kosztem innych firm, które mogłyby zaoferować równie funkcjonalny, ale zarazem bardziej elastyczny system symulacji.

Kryteria oceny

Zdecydowanie odradzamy kierowanie się wyłącznie kryterium cenowym. W takim przypadku za najkorzystniejszą zawsze zostanie uznana oferta najtańsza, a nie najlepsza jakościowo.

Na podstawie swojego doświadczenia popartego udziałem w licznych przetargach na całym świecie zaleca wazenie oceny w stosunku 50:50, tj. 50% punktów za cenę, a pozostałe 50% za rozwiązania techniczne. Każdemu wymogowi technicznemu należy również przypisać odpowiednią wagę i wystawić ocenę za rozwiązanie proponowane przez oferenta.

W razie jakichkolwiek wątpliwości co do oceny wymagań technicznych służy licznymi przykładami z przetargów rozpisanych w ciągu ostatniego roku przez europejskich operatorów kolejowych.