

OPROGRAMOWANIE BIM W PROJEKTOWANIU SYSTEMÓW STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM – ANALIZA PORÓWNAWCZA¹

Paweł Wontorski

dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Rail-Mil Computers, ul. Kosmatki 82, 03-982 Warszawa, tel.: +48 517 141 987, email: pawel.wontorski.dokt@pw.edu.pl

Magdalena Dzierżak

mgr inż., Rail-Mil Computers, ul. Kosmatki 82, 03-982 Warszawa, email: magdalena.dzierzak@rail-mil.eu

Andrzej Kochan

dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: +48 22 234 7882, email: andrzej.kochan@pw.edu.pl

Streszczenie. *W artykule przedstawiono analizę porównawczą oprogramowania BIM (programów Revit Architecture i ArchiCAD) w kontekście zastosowania w projektowaniu systemów srk, z odniesieniem do programu AutoCAD. Wskazano na możliwości oraz ograniczenia związane z wprowadzeniem technologii BIM w projektowaniu systemów kolejowych w Polsce. W celu dokonania weryfikacji i sformułowania praktycznych wniosków z porównania narzędzi wykonano model mijanki wraz z urządzeniami srk (sygnalizatorami, napędami zwrotnicowymi, czujnikami koła). Opisano strukturę obiektów i tworzonych na ich bazie modeli w każdym z analizowanych programów. Do analizy porównawczej wybrano kryteria istotne w projektowaniu, ze szczególnym uwzględnieniem projektowania systemów kolejowych. Każde z kryteriów poddano weryfikacji i oceniono. Analiza wykazała przewagę technologii BIM nad technologią CAD w większości aspektów. Zwrócono jednak uwagę na działania, jakie należy dopiero podjąć w celu faktycznego wdrożenia BIM w projektowaniu systemów kolejowych w Polsce.*

Słowa kluczowe: system srk, projektowanie, BIM, cyfryzacja

1. Wprowadzenie

W artykule przedstawiona została analiza porównawcza oprogramowania technologii wielowymiarowego modelowania informacji o obiekcie BIM (ang. *Building Information Modeling*) w projektowaniu systemów sterowania ruchem kolejowym (srk). BIM jako cyfrowy opis infrastruktury stanowi część cyfrowego projektu srk.

Podjęto decyzję, że wybór najlepszego oprogramowania będzie możliwy po wykonaniu modeli przykładowych fragmentów układu torowego stacji wraz z urządzeniami srk. Wstępnie przeanalizowano kilka różnych programów dostępnych na rynku, ale do szczegółowych analiz i weryfikacji poprzez modelowanie wybrano

¹ Wkład autorów w publikację: Wontorski P. 34%, Dzierżak M. 33%, Kochan A. 33%

dwa: Revit Architecture i ArchiCAD, jako stosunkowo łatwo dostępne i popularne w środowisku projektantów innych branż.

Podczas modelowania zweryfikowano praktycznie najważniejsze funkcje wybranych narzędzi BIM. Następnie, na podstawie zdefiniowanych kryteriów, każdy program został oceniony. Celem podjętych prac nie było stworzenie kompletnego projektu systemu srk, a jedynie przedstawienie wybranych funkcji oprogramowania BIM, ich praktyczna weryfikacja i ocena pod względem użyteczności dla projektantów branży srk.

2. Oprogramowanie stosowane w projektowaniu systemów srk

Obecnie najpowszechniej wykorzystywanymi narzędziami wspomagającymi projektanta branży srk w Polsce są systemy komputerowego wspomaganie projektowania typu CAD (ang. *Computer Aided Design*). W zależności od używanej wersji programu oraz celu zastosowania konkretnego narzędzia, zakres wspomaganie można klasyfikować na różnych poziomach. Jednym z głównych zadań narzędzi typu CAD jest przygotowanie graficznej reprezentacji tworzonego obiektu, a co za tym idzie – wsparcie w utworzeniu profesjonalnej dokumentacji projektowej.

Współcześnie programy wspomagające projektowanie systemów srk można podzielić na trzy grupy:

- **uniwersalne oprogramowanie CAD** (np. *AutoCAD*, *MicroStation*) – rozszerzone o skrypty, podprogramy, bloki dynamiczne, bloki opisane atrybutami, podprogramy pozyskiwania danych z atrybutów,
- **dedykowane oprogramowanie CAD** (np. *SEE Electrical*, *PC Schematic*) – złożone pakiety programów wspomagających prace projektowe i automatyzujące wiele czynności, podstawowa wada jaką posiadają to wysoka specjalizacja w zakresie niezupełnie odpowiadającym projektantom srk (np. programy branży elektrycznej),
- **oprogramowanie autorskie** – tworzone w niektórych biurach projektowych, najczęściej działające na zasadzie łączenia danych tekstowych z grafiką wektorową lub rastrową oraz generowania rysunków na podstawie arkuszy kalkulacyjnych [19].

Systemy wspomagające projektowanie pozwalają najczęściej na rysowanie przy pomocy prostych elementów graficznych (prymitywów), posługiwanie się blokami oraz podstawowe operacje na warstwach. Modele urządzeń i systemów srk przygotowywane są głównie jako dwuwymiarowe. Niestety całość danych zapisana zostaje jedynie w postaci graficznej uzupełnionej tekstem wprost na arkuszu projektowym [20]. Dwuwymiarowy schemat jest jedynym nośnikiem informacji o projektowanym elemencie systemu, a przecież jego pojemność informacyjna jest mocno ograniczona. Powiązanie z bazą danych z dodatkowymi informacjami jest mocno ograniczone, a najczęściej w ogóle nie występuje.

Wzrastające wymagania i konkurencja na rynku wymuszają na biurach projektowych wdrażanie dalszych rozwiązań przyspieszających prace i obniżających koszty, przy zachowaniu wysokiej jakości i poprawności dokumentacji. Jedną z głównych tendencji w projektowaniu jest automatyzacja projektowania. Poziom zaawansowania narzędzi wspomagających prace projektanta ciągle wzrasta, a dążenie do dalszej automatyzacji jest procesem naturalnym w kontekście permanentnego doskonalenia i rozwoju oraz konieczności przyspieszania prac projektowych [4].

3. Przejście do cyfrowego projektu srk

W tradycyjnym ujęciu (CAD bez BIM) dokumentacja projektowania jest tekstowo-graficznym zapisem (odwzorowaniem) modelu obiektu, który projektant stworzył (wyobraził) w swoim umyśle. Tylko to, co zostało przeniesione do dokumentacji mogło podlegać ocenie, chociaż obraz całości mógł być nieco inny i nieznan w pełni nikomu, poza, rzecz jasna, projektantem. W przypadku technologii BIM ideałem byłoby budowanie modelu nie w umyśle projektanta, ale w postaci cyfrowej w przestrzeni wirtualnej w pamięci komputera. Wcześniej nie było to możliwe ze względu na ograniczenia technologiczne. Docelowo rozwiązałyby szereg problemów związanych z dowolnością interpretacji zapisów projektu na wszystkich etapach projektowania, wykonawstwa i eksploatacji obiektu.

Oczekiwania względem systemów projektujących wykraczają obecnie poza ramy samego kreślenia schematów. Dążeniem projektantów i firm branży srk jest integrowanie usług projektowania, wytwarzania, testowania i eksploatacji systemów. Dane raz wprowadzone do bazy danych powinny, w sposób naturalny i docelowo zautomatyzowany, być przenoszone w całym cyklu życia systemu poprzez etapy: inwentaryzacji, projektowania, przygotowania aplikacji, zamówień, produkcji, testów i eksploatacji. Zasadniczo w całym cyklu życia systemu przenoszone są te same informacje, a dokumentacja projektowa może być jedynie pośrednim produktem ich przetwarzania, a nie celem całego procesu projektowania. W tym sensie projektowanie stanowi tylko jeden z etapów przetwarzania tej samej informacji. Do realizacji tego celu dotychczas stosowane programy CAD mogą okazać się niewystarczające.

BIM stanowi metodę odmienną od dotychczas stosowanych, ponieważ zakłada projektowanie poprzez modelowanie – modelowanie staje się samo w sobie metodą projektowania, a nie tylko środkiem pomocniczym (np. do weryfikacji projektu). BIM to nie tylko cyfrowa reprezentacja danego obiektu i wszystkich jego elementów, ale platforma przetwarzania i zarządzania danymi w całym cyklu życia obiektu [16], [21]. BIM stanowi główny komponent cyfrowego projektu srk, który obejmowałby również aspekty poza infrastrukturalne i umożliwił objęcie również aspektów związanych z dynamiczną warstwą systemów kolejowych (symulacje działania systemu, testowanie aplikacji itd.)

Wdrażanie technologii BIM w projektowaniu oraz w zarządzaniu infrastrukturą kolejową napotyka na problemy związane z zarządzaniem obiektami liniowymi oraz ich przynależnością do sektora publicznego. Sektor publiczny niechętnie wprowadza innowacyjne, kosztowne przedsięwzięcia, których efekty nie są zauważalne w krótkim czasie. BIM jest technologią, która niesie za sobą długofalowe korzyści, niestety bez standardów oraz ogólnych ram techniczno-organizacyjnych wdrożenie metodyki BIM jako uniwersalnej platformy modelowania infrastruktury kolejowej nie będzie możliwe [6].

Wdrożenie BIM zależy głównie od zaangażowania głównego zarządcy infrastruktury PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. i wprowadzenia odpowiednich standardów, które powinny być dopasowane do standardów międzybranżowych na poziomie krajowym (np. wydanych już w tym zakresie norm [12,13]), a także międzynarodowym [2,8,9,10]. Podjęte w tym kierunku działania (np. [11]) należy zintensyfikować by przynajmniej dorównać w rozwoju BIM w budownictwie kubaturowym oraz projektowaniu infrastruktury technicznej i instalacji [18].

4. Modelowanie systemu sterowania ruchem kolejowym w różnych programach BIM

Do analizy porównawczej wybrane zostały dwa popularne programy BIM stosowane w projektowaniu obiektów budowlanych i infrastruktury technicznej: Revit Architecture oraz ArchiCAD. Jako referencyjne wybrano popularne oprogramowanie AutoCAD.

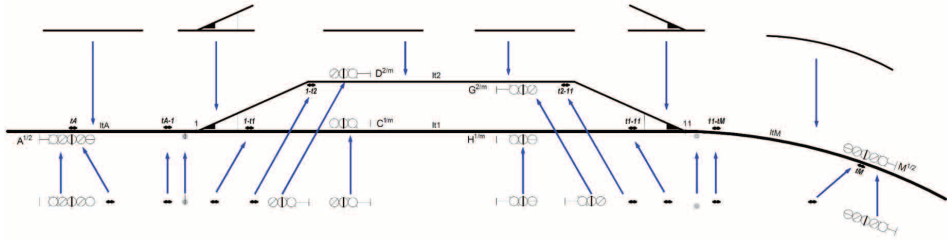
W celu praktycznej weryfikacji możliwości programów w każdym z nich zaprojektowana została niewielka stacja – mijanka. Na schemacie poglądowym (rys. 1) wyróżniono poszczególne elementy układu torowego oraz urządzenia srk, które zostały narysowane i wstawione do modelu. Model obejmuje swym zasięgiem odcinek linii kolejowej o długości ponad 3,5 km. Wszystkie elementy modelu zostały odwzorowane w skali.

Przyjęto poziom szczegółowości graficznej modelu LOGD4 (szczegółowy). Na tym poziomie obiekt reprezentuje złożony model 3D, wystarczający do kosztorysowania, z dokładnymi wymiarami; w modelu można wyróżnić poszczególne elementy [5].

Śród elementów infrastruktury torowej do projektowania wybrane zostały odcinki torowe i rozjazdy. Tor kolejowych składa się z odcinków torowych, które z kolei zostały zbudowane z podkładów wraz z przytwierdzeniami sprężystymi oraz szyn. Zastosowano zarówno odcinki proste jak i łuki. W skład każdego rozjazdu weszły podrozjazdnice wraz z przytwierdzeniami sprężystymi, szyny, opornice, kierownice oraz dziób.

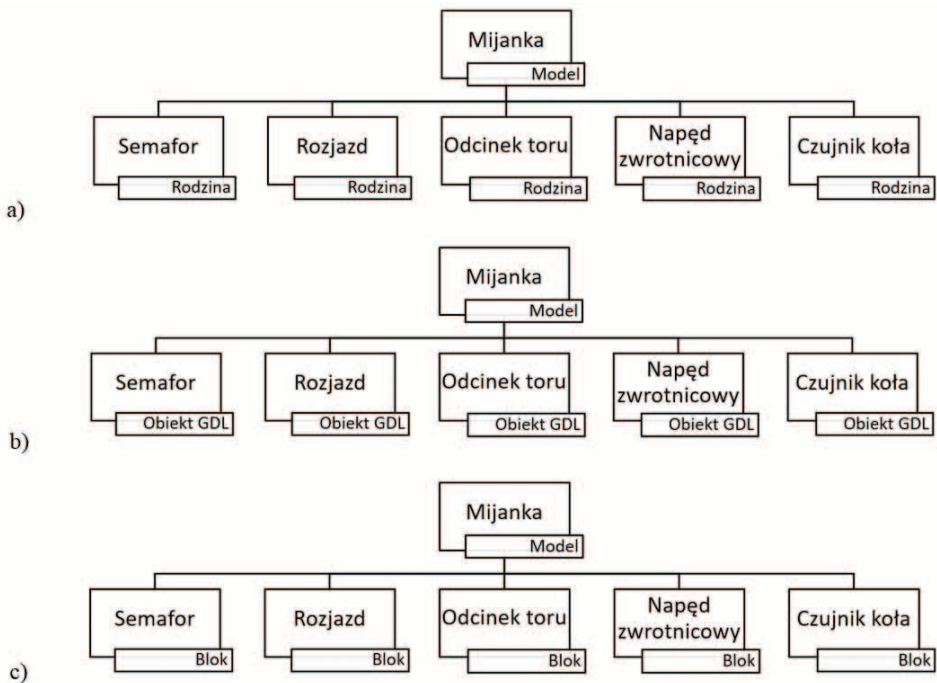
Śród elementów infrastruktury srk do projektowania wybrane zostały: semafony wjazdowe (pięciokomorowe), semafony wyjazdowe (trzykomorowe), napędy zwrotnicowe, czujniki koła. Na szlakach stycznych przyjęto pólśamoczyne blokady liniowe.

Strukturę ogólną modelu mijanki w każdym z programów przedstawiono na (rys. 2).



Rys. 1. Schemat układu torowego modelowanej mijanki wraz z urządzeniami srk

Zródło: opracowanie własne



Rys. 2. Struktura ogólna modelu mijanki w poszczególnych programach:

a) Revit Architecture, b) ArchiCAD, c) AutoCAD

Zródło: opracowanie własne

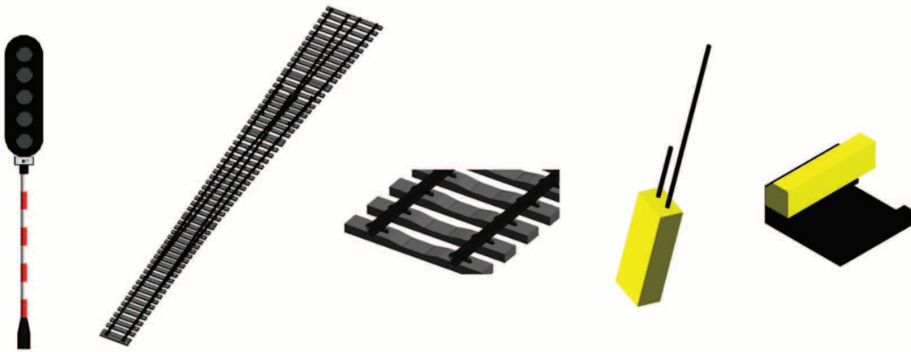
Program Revit Architecture daje możliwość modelowania złożonych obiektów składających się z obiektów tworzących określone typy – rodziny (rys. 3). Urządzenia mogą być tworzone na bazie standardowych rodzin stosowanych w branżach architektoniczno-budowlanych (słupów, tralek, profili). Są to zazwyczaj elementy 3D, w tym profile tworzone z obiektów 2D (np. szyny). Rodzinę w programie Revit Architecture można porównać do bloku w programie AutoCAD, a przyporządkowaną do niej kategorię – do warstwę.

Zbudowanie nowych modeli w programie ArchiCAD wymaga utworzenia elementów biblioteki zewnętrznej nazywanych obiektami GDL (rys. 4). Obiekty te nawiązują do rodzin w Revit Architecture oraz bloków w AutoCAD. Każdy obiekt GDL może zawierać symbol elementu, kilka wariantów, które są definiowane przez zestaw parametrów oraz skrypt 3D, w którym zawarty jest opis złożonej geometrii obiektu [12].

Podsumowując analizę możliwości tworzenia zespolonych modułów rysunku (rodzin, obiektów GDL oraz bloków) odpowiednio w programach Revit Architecture, ArchiCAD oraz AutoCAD stwierdzono ograniczoną dostępność gotowych modułów z dziedziny infrastruktury kolejowej (a w szczególności urządzeń srk). Utrudnia to tworzenie modeli (projektów) obiektów kolejowych szybko i efektywnie, ponieważ przed zbudowaniem modelu należy najpierw utworzyć nowe rodziny, obiekty GDL oraz bloki.

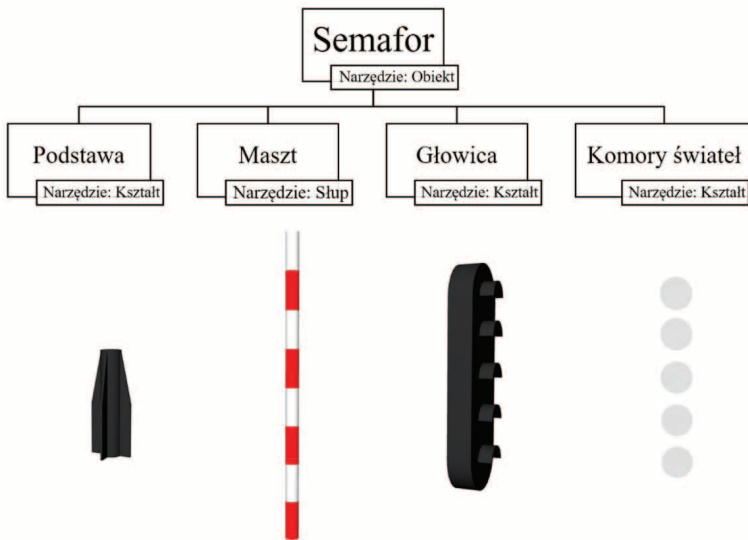
Dopiero kolejne projekty podobnych obiektów, wykorzystujące już utworzone moduły, będą mogły być wykonywane znacznie szybciej i efektywniej, z ewentualnym uzupełnieniem bazy modułów (rodzin, obiektów GDL, bloków) w zależności od potrzeb.

Rysunek 5 przedstawia gotowy trójwymiarowy model mijanki wykonany w programie Revit Architecture poprzez złożenie z przygotowanych wcześniej modułów.



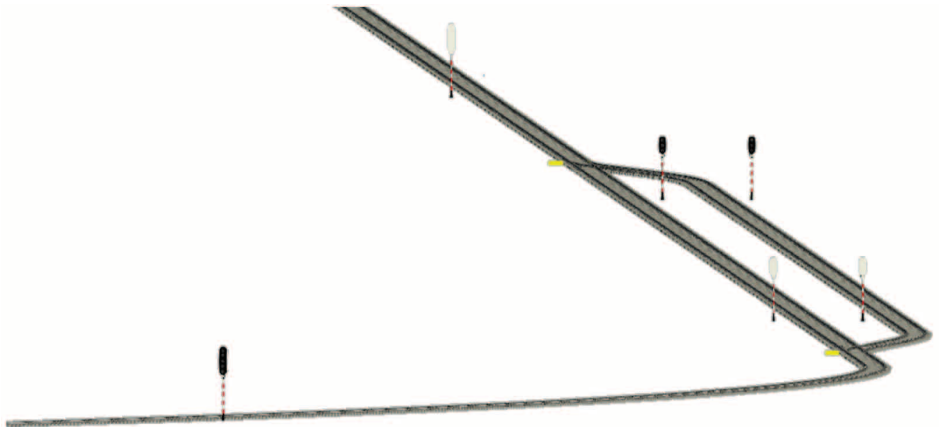
Rys. 3. Typy obiektów tworzące mijankę w programie Revit Architecture

Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Struktura modelu semafora w programie ArchiCAD

Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Model mijanki – widok ogólny w programie Revit Architecture

Źródło: opracowanie własne

5. Synteza analizy porównawczej

W celu dokonania analizy porównawczej sformułowane zostały kryteria oceny, które wynikają z potrzeb projektantów branży srk oraz możliwości oprogramowania. Część kryteriów jest charakterystyczna i specyficzna tylko dla branży srk (np. dostępność elementów srk w bibliotekach, możliwość weryfikacji widoczności semaforów na wizualizacji 3D, możliwość generowania planu schematycznego). Inne stanowią kryteria oceny komfortu pracy w poszczególnych programach (np.

rozwiązywanie kolizji międzybranżowych, zapis i udostępnianie danych w uniwersalnych formatach typu IFC, itp.).

Sformułowane kryteria zostały poddane ocenie w skali od 0 do 5 punktów:

- 0 – kryterium nie może zostać spełnione (np. brak jakichkolwiek funkcji),
 - 1 – kryterium spełnione w minimalnym zakresie (np. pojedyncza funkcja),
 - 2 – kryterium spełnione w niewielkim stopniu (np. kilka pojedynczych funkcji),
 - 3 – kryterium spełnione w ograniczonym zakresie (np. około połowa funkcji),
 - 4 – kryterium spełnione w stopniu wystarczającym (np. większość funkcji),
 - 5 – kryterium spełnione całkowicie (np. wszystkie funkcje w danym zakresie).
- Kryteria wraz z ocenami przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Kryteria oceny oprogramowania wraz z ocenami poszczególnych programów

Lp.	Kryterium	Revit Architecture	ArchiCAD	AutoCAD
<i>Kryteria ogólne</i>				
1	Czasochłonność tworzenia nowych obiektów	3	3	3
2	Tworzenie nowych elementów infrastruktury z istniejących obiektów	4	4	4
3	Łatwość wprowadzania danych o obiektach	5	2	1
4	Szybkość odczytu danych z modelu	5	2	1
5	Dostępność funkcji służących do rysowania	3	3	5
6	Możliwość przypisania elementu do innej rodziny niż ta w której został stworzony	3	5	5
7	Program intuicyjny dla osoby pracującej do tej pory w programie AutoCAD	4	2	5
8	Przyjazny interfejs	4	2	4
9	Dodawanie tekstu w modelu	3	4	4
10	Eksportowanie, importowanie i łączenie danych w różnych formatach	4	5	4
11	Tworzenie fotorealistycznych wizualizacji	5	5	5
12	Możliwość współpracy wielobranżowej	5	5	0
13	Łatwość w dodawaniu nowych elementów do modelu	5	5	5
14	Importowanie i eksportowanie arkuszy 2D z programu AutoCAD	5	5	0
15	Możliwość zapisu i udostępniania danych rezultatów swojej pracy w uniwersalnych formatach (np. IFC)	5	5	0
<i>Kryteria istotne dla srk</i>				
16	Dostępność elementów branży srk w bibliotekach	0	0	0
17	Łatwość modelowania odcinków torów w modelu	5	5	2
18	Możliwość sprawdzenia widoczności semaforów z punktu widzenia maszynisty	4	4	4
19	Możliwość weryfikacji wysokości obiektów srk takich jak semafony	5	5	5
20	Możliwość wykrycia ewentualnych kolizji urządzeń srk lub nieprawidłowego dopasowania do układu torowego	5	5	5
21	Możliwość łatwej wymiany typu danego urządzenia (np. napędu zwrotnicowego) na innych jednocześnie w całym modelu	4	5	4
22	Możliwość wygenerowania planu schematycznego w 2D	2	2	2
Podsumowanie		88	83	58

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie analizy nie można stwierdzić, który z programów do modelowania jest zdecydowanie bardziej funkcjonalny i lepiej sprawdzi się podczas modelowania infrastruktury kolejowej, w tym urządzeń srk. Niewielka przewaga programu Revit Architecture mieści się w granicach tolerancji, jaka wynika z samej metody analizy i subiektywnej oceny. Program AutoCAD zdobył ponad 30% mniej punktów od pozostałych dwóch programów. Nie posiada pewnych istotnych funkcji typowych dla oprogramowania BIM.

Programy Revit Architecture i ArchiCAD działają na podobnych zasadach, opartych o tworzenie modeli zbudowanych z obiektów parametrycznych, co w dużym stopniu ułatwia modelowanie (modelowanie jest w znacznej mierze definiowaniem parametrów już istniejących modułów, a nie rysowaniem i kopiowaniem fragmentów rysunku).

Program Revit Architecture daje większe możliwości w kwestiach związanych z wprowadzaniem danych i ich szybkim odczytem z modelu. Revit Architecture przeważa również, zdaniem autorów, na polu interfejsu: jego przejrzystości i ergonomii pracy. Po części wynika to z faktu, że autorzy na co dzień pracują w programie AutoCAD, tego samego producenta co programu Revit Architecture – stąd podobieństwo interfejsu. Można jednak wskazać na wiele elementów interfejsu programu Revit Architecture, które są obiektywnie bardziej przyjazne, lepiej rozmieszczone i opisane względem programu ArchiCAD.

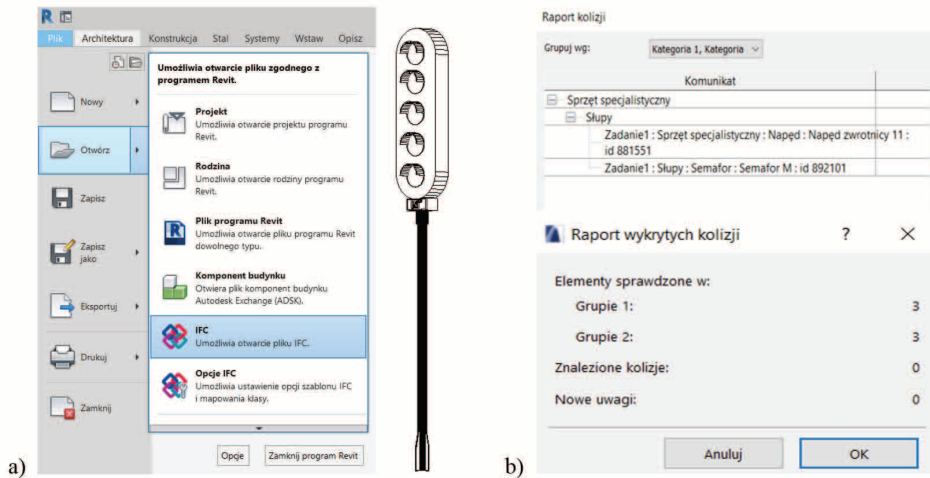
Program ArchiCAD lepiej sprawdza się w modyfikacjach istniejących już elementów i łączenia ich w grupy w celu zbudowania złożonych obiektów, np. odcinków torów czy urządzeń srk. Istotną zaletą programu ArchiCAD wydaje się łatwy eksport, import oraz łączenie danych w różnych formatach.

Ważną kwestią, którą udało się zbadać jest możliwość współpracy programów Revit Architecture oraz ArchiCAD przy pomocy formatów IFC (rys. 6). Nie jest to doskonały sposób wymiany danych (ze względu na stratność bazy danych modelu podczas konwersji). Jednak ze względu na zróżnicowanie formatów plików generowanych w poszczególnych programach IFC okazuje się w tym momencie najlepszym sposobem współpracy projektantów w różnego rodzaju programach w technologii BIM, nie tylko tych poddanych analizie przez autorów.

W odniesieniu do kryteriów charakterystycznych i specyficznych dla sterowania ruchem kolejowym każdy z programów działa podobnie, żaden nie jest jednoznacznie lepszy. Programy posiadają bardzo podobne funkcje, które pozwalają w pewnym stopniu na zaspokojenie potrzeb branży srk w zakresie modelowania podstawowej infrastruktury systemu. Na przykład modelowanie odcinków torowych w każdym z nich jest łatwe i nie wymaga dużych nakładów pracy. Jednocześnie żaden z nich nie zapewnia bibliotek zawierających elementy srk takie jak sygnalizatory, napędy zwrotnicowe i czujniki koła.

Ponadto każdy program zapewnia możliwość sprawdzenia widoczności semaforów z punktu widzenia maszynisty, jak również możliwość weryfikacji wysokości obiektów takich jak semafony. Programy BIM posiadają funkcje służące do wykrywania kolizji urządzeń srk lub nieprawidłowego ich dopasowania do układu

torowego, lecz funkcje te wymagają jeszcze pewnych udoskonaleń. Możliwa jest również wymiana typu danego urządzenia np. napędu zwrotnicowego na inny jednocześnie w całym modelu.



Rys. 6. Przykłady badanych aspektów modelowania:
a) wymiana danych w IFC (model semafora), b) raportowanie kolizji międzybranżowych

Źródło: opracowanie własne

Próby wygenerowania planu schematycznego lub innego planu 2D w oczekiwany przez autorów i zgodny z przepisami sposób niestety nie powiodły się – w tym obszarze należy wprowadzić dodatkowe funkcje. Warto zwrócić jednak uwagę na to, że oba programy BIM spełniają choćby w minimalnym stopniu prawie wszystkie kryteria, czego niestety nie da się powiedzieć o programie AutoCAD.

6. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wykazała, że badane narzędzia do projektowania należy wzbogacić o dodatkowe funkcje pozwalające na:

- automatyczne generowanie planów schematycznych spełniających wymogi zawarte w instrukcjach kolejowych na podstawie modelu BIM,
- automatyczne generowanie planów kontroli niezajętości i planów kablowych na podstawie modelu BIM,
- automatyczne generowanie schematów elektrycznych urządzeń sterowania ruchem kolejowym np. semaforów, napędów zwrotnicowych, czujników koła,
- automatyczną weryfikację poprawnej lokalizacji urządzeń względem siebie oraz innych elementów infrastruktury i skrajni budowli zgodnie z przepisami,

- powiązanie ustawienia kamery na wysokości kabiny maszynisty w lokomotywie z automatycznym raportowaniem widoczności ciągłej sygnalizatorów przytorowych,
- automatyczne wymiarowanie dowolnie wybranych elementów, rozszerzone o natychmiastową weryfikację i korektę wymiarów zgodnie z przepisami.

Warto również zauważyć, że przeprowadzona analiza opierała się na elementach o stosunkowo niewielkim stopniu szczegółowości LOGD4 [5]. Dlatego kierunkiem dalszych prac powinno stać się modelowanie pojedynczych urządzeń na wyższych poziomach szczegółowości w taki sposób, aby zawierały elementy elektroniczne oraz elektryczne odzwierciedlające rzeczywistą strukturę urządzeń i ich powiązań.

Kolejnym krokiem powinien być też rozwój oprogramowania BIM i cyfryzacji projektowania srk w kierunku uwzględnienia funkcji i zależności, oprócz rozbudowanej warstwy budowlanej i infrastrukturalnej. Cyfrowy projekt srk stanie się platformą odwzorowania zarówno warstwy statycznej oraz dynamicznej systemu, w tym umożliwi symulację ruchu pociągów po modelowanym układzie torowym oraz symulację działania systemu srk na podstawie generowanych automatycznie z modelu danych aplikacyjnych.

Należy podkreślić, że sama technologia BIM nie rozwiąże wszystkich problemów związanych z sektorem zarządzania projektami systemów kolejowych bez odpowiedniej organizacji pracy i wielu nietechnicznych działań przygotowawczych [1], w szczególności dostosowania do specyfiki branży [7]. Wprowadzenie BIM do budownictwa kolejowego będzie wymagało również uwzględnienia go w przepisach, zarówno krajowych ogólnobudowlanych [14,15,17], jak i instrukcjach i wytycznych zarządców infrastruktury [3], które w ogóle nie uwzględniają cyfrowej postaci projektu systemu srk.

Zastosowanie technologii BIM w budownictwie staje się coraz bardziej powszechne i jest kwestią czasu, kiedy także branża srk stanie się obszarem działalności tej technologii. Zadaniem na najbliższe lata jest jak najlepsze przygotowanie się na ten moment.

Bibliografia

- [1] Abdelmajid E., Mounir B., Hassan M., Railway Information Modeling – A Review of Railway Project Management Integrating BIM [w:] International Journal of RAILWAY, Vol. 12, nr No. 1 March. 2019, s. 10-17.
- [2] Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, EU BIM Task Group, UE, 2017.
- [3] Ie-4 (WTB-E10). Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2017.
- [4] Kochan A., Wontorski P., Automatyzacja procesu projektowania urządzeń sterowania ruchem kolejowym [w:] Zeszyty Naukowo-Techniczne

- Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie, vol. II, nr 3(110) 2016, s. 111-122.
- [5] Kochan A., Wontorski P., Poziomy szczegółowości modelu (LOD) w projektowaniu infrastruktury sterowania ruchem kolejowym w technologii BIM, 2019.
- [6] Łąguna P., Metodyka BIM dla infrastruktury kolejowej, październik 2019.
- [7] Nuttens , et al., Using BIM models for the design of large rail infrastructure projects: key factors for a succesful implemantation, J. Sus. Dev. Plann. Vol. 13, No.1 (2018), 73-83.
- [8] PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling.
- [9] PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling.
- [10] PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management.
- [11] Pilotaż BIM – PKP PLK S.A., dostęp na: www.bimblog.pl/2019/05/pilotaz-bim-pkp-plk-s-a/, data dostępu: 01.2020.
- [12] PN-EN ISO 19650-1:2019, Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o budynku (BIM) -- Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o budynku -- Część 1: Koncepcje i zasady.
- [13] PN-EN ISO 19650-2:2019, Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o budynku (BIM) -- Zarządzanie informacjami o budynku--Część 2: Realizacja projektu.
- [14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego, Dz.U.2012 oz.462.
- [15] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, Dz.U. 2012 poz. 462 z późn. zm..
- [16] Tomana A., BIM: innowacyjna technologia w budownictwie: podstawy, standardy, narzędzia, PWB Media Zdziebłowski, Kraków 2016.
- [17] Ustawa z dnia 7 lipca 1994r., Prawo Budowlane, Dz. U. 1994 Nr 89 poz.
- [18] Wontorska K., Analiza porównawcza narzędzi projektowania CAD i BIM na przykładzie rozwiązań instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych, Wydział Instalacji Budowlanych Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2019.
- [19] Wontorski P., Metoda automatyzacji projektowania infrastruktury komputerowego systemu sterowania ruchem kolejowym, rozprawa doktorska, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2019.
- [20] Wontorski P., Kochan A., Elektroniczny system obiegu dokumentacji projektowej urzędzeń srk - wybrane zagadnienia [w:] Zeszyty Naukowo-

- Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie, vol. II, nr 2 (116) 2018, s. 143-156.
- [21] Wontorski P., Kochan A., Możliwości wdrożenia modelowania informacji o obiekcie (BIM) w projektowaniu urządzeń srk [w:] Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, nr 118 2017, s. 351-362.

