

AUTOMATYZACJA PROCESU PROJEKTOWANIA URZĄDZEŃ STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM¹

Andrzej Kochan

dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Trans-
portu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.:
+48 22 234 7882, e-mail: ako@wt.pw.edu.pl

Paweł Wontorski

mgr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Trans-
portu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.:
+48 517 141 987, e-mail: pawelwontorski@gmail.com

Streszczenie. W artykule przedstawiono koncepcję automatyzacji procesu projektowania urządzeń srk. Zastosowano przy tym podejście systemowe i modelowanie obiektowe obejmujące całość procesu projektowania. Podjęto próbę udowodnienia, że automatyzacja tworzenia projektu urządzeń srk jest możliwa i bardzo efektywna w zakresie wszystkich powtarzalnych, typowych i ustanowionych czynności. Przedstawiono autorską koncepcję systemu automatyzacji projektowania (SAP). System opiera się na dostępnym oprogramowaniu oraz idei otwartej platformy. W systemie wdrożono szereg rozwiązań autorskich: program łączenia danych z grafiką, skrypty automatyzujące tworzenie schematów, metody pozyskiwania danych. Zaprezentowano modele: struktury, danych i działania SAP wykorzystując w tym celu język modelowania obiektowego UML. Podjęto próbę oceny efektywności wdrożenia koncepcji.

Słowa kluczowe: automatyzacja projektowania srk, systemy CAD, modelowanie UML

1. Wprowadzenie

Automatyzacja procesu projektowania stanowi obecnie jedną z głównych tendencji w projektowaniu technicznym. Wzrastające wymagania i konkurencja na rynku wymuszają na biurach projektowych wdrażanie rozwiązań przyspieszających prace i redukujące koszty, przy zachowaniu wysokiej jakości i poprawności dokumentacji. Coraz większe znaczenie ma możliwość szybkiej reakcji na zmiany, elastyczność i integracja systemu projektującego z systemem wytwarzania. Poziom zaawansowania narzędzi wspomagających prace projektanta ciągle wzrasta, a dążenie do dalszej automatyzacji jest procesem naturalnym w kontekście permanentnego doskonalenia i rozwoju. Dotyczy to także projektowania urządzeń i systemów sterowania ruchem kolejowym.

Główne cele automatyzacji procesu projektowania, a jednocześnie argumenty za nią przemawiające to:

- przyspieszenie procesu projektowania (zwłaszcza czasochłonnych etapów tego procesu: tworzenia dokumentacji, przenoszenia danych, przygotowania zestawień, ustawienia do druku, edycji tabel z metryką, itd);

¹ Wkład autorów w publikację: Kochan A. 50 %, Wontorski P. 50 %

- kontrola poprawności i jakości projektu (poprzez automatyczne sprawdzanie wybranych parametrów projektowanych elementów, ich zgodności, użycia, numeracji);
- odciążenie projektanta od powtarzalnych, czasochłonnych czynności (przez co może on skupić się na innych zadaniach i zwiększyć efektywność pracy);
- obniżenie kosztów projektowania (ze względu na globalne skrócenie czasu projektowania, ograniczenie zatrudnienia asystentów projektanta);
- zwiększenie spójności projektu;
- wspomaganie zarządzania projektem i możliwość powiązania z systemami monitorowania procesu projektowania i rozwoju w biurze projektowym.

Wyżej wymienione postulaty powinny iść w parze z innymi zabiegami zwiększającymi efektywność projektowania, takimi jak: standaryzacja projektowania, optymalizacja procesów i środków technicznych, kontrola jakości, wymiana informacji systemu projektującego z otoczeniem.

2. Projektowanie urządzeń sterowania ruchem kolejowym

W najszerszym ujęciu projektowanie techniczne jest procesem polegającym na obmyśleniu sztucznych układów, urządzeń w zakresie techniki [2]. W odniesieniu do sterowania ruchem kolejowym należy zawęzić obszar rozważań do urządzeń, układów i systemów sterowania ruchem kolejowym, ich konfiguracji na konkretnych obiektach sieci kolejowej i wzajemnych powiązaniach spełniających przyjęte założenia techniczno-ruchowe.

Proces projektowania jest procesem złożonym i niejednorodnym. Podstawowym jest podział składowych tego procesu na czynności twórcze (heurystyczne) i odtwórcze. Te pierwsze wymagają podejmowania decyzji, rozwiązywania nietypowych problemów, obmyśleniu rozwiązań szczególnych, analizy błędów i nieścisłości. Czynności te pozostawić należy na obecnym rozwoju techniki człowiekowi (projektantowi). Czynności odtwórcze – powtarzalne i ustandaryzowane, mogą być jednak przeniesione w dużym zakresie na różnorakie środki i narzędzia techniczne.

W strukturze procesu projektowania można wyróżnić:

- strukturę pionową (makrostrukturę), którą tworzy sieć typowych stadiów (faz) projektowania, obejmujących cały proces projektowania;
- strukturę poziomą (mikrostrukturę), którą tworzą pewne stale powtarzające się działania podstawowe, realizowane najczęściej przez jednego człowieka, polegające na iteracyjnym dochodzeniu do wyniku;
- strukturę operacyjną (dekompozycję), w której dokonywany jest podział zadań między poszczególnych wykonawców [2].

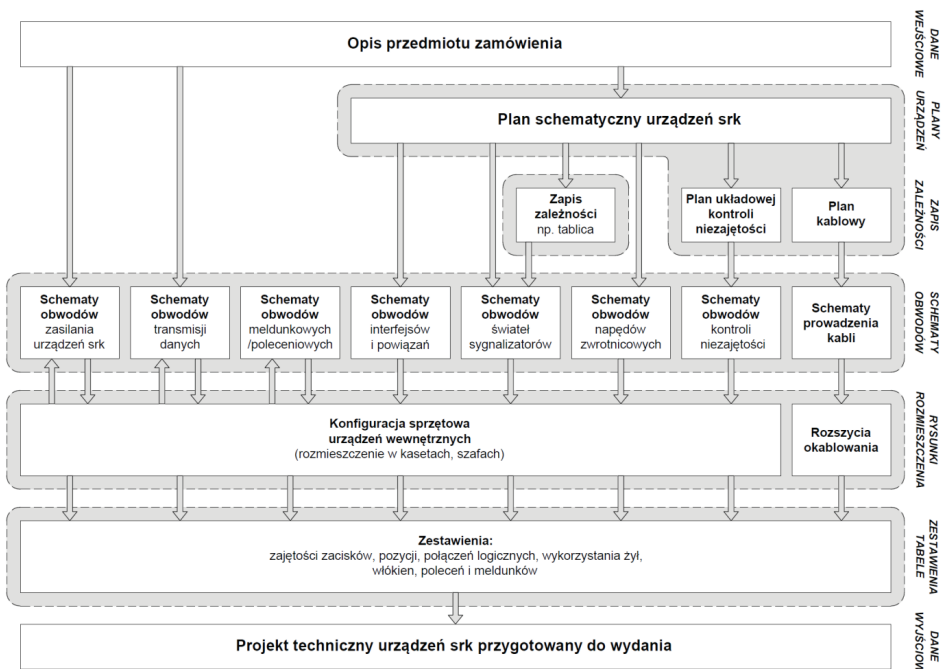
Struktura procesu projektowania może mieć bezpośrednie przełożenie na strukturę samego projektu – czyli wyniku procesu projektowania. Przykładem projektu

o czytelnej strukturze pionowej i poziomej jest projekt urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Na rys. 1 przedstawiono model struktury tego projektu.

W pionowej strukturze projektu można wyróżnić kolejne warstwy układające się w logiczny ciąg następujących po sobie etapów. Dane wejściowe określone w opisie przedmiotu zamówienia przekładane są na plan schematyczny, te zaś wykorzystywane są do tworzenia kolejnych planów rozmieszczenia i powiązań urządzeń zewnętrznych. Informacje o urządzeniach zewnętrznych wykorzystywane są do tworzenia rysunków konfiguracji i powiązań urządzeń wewnętrznych: schematów obwodów, rysunków rozmieszczenia i zestawień tabelarycznych.

W strukturze poziomej wyróżnić należy kolejne grupy urządzeń i wreszcie poszczególne urządzenia w ramach każdej grupy. Najważniejsze z nich to obwody świateł, obwody napędów zwrotnicowych, obwody kontroli niezajętości (np. liczników osi), obwody meldunkowe i poleceniowe, obwody interfejsów i powiązań np. z blokadą czy urządzeniami samoczynnej sygnalizacji przejazdowej ssp. Ponadto wyróżnić należy podsystem zasilania urządzeń srk, sieć transmisji danych, plan kablowy.

Cechą charakterystyczną i różniącą projektowanie systemów srk od projektowania innych systemów jest funkcja, jaką pełnią urządzenia srk. Od prawidłowej pracy urządzeń, a więc również od poprawnego wykonania projektu, zależy bezpieczeństwo przewożonych kolejną osób i ładunków [1].



Rys. 1. Model struktury projektu urządzeń srk

Źródło: {3}

3. Technika komputerowa i automatyzacja w procesie projektowania

Współcześnie podstawowymi narzędziami wspomagającymi projektanta są systemy *CAD* (ang. *ComputerAided Design*) - czyli systemy komputerowego wspomagania projektowania. Oprogramowanie typu *CAD* stanowi pełne środowisko graficzno-obliczeniowe niezbędne do przygotowania profesjonalnej dokumentacji projektowej w wersji elektronicznej bądź papierowej. Zakres wspomagania bywa jednak różny. Generalnie stopień zaawansowania i specjalizacji narzędzia rośnie wraz ze spadkiem jego uniwersalności. Łatwo przewidzieć, że stosunkowo powszechne proste edytory graficzne nie pozwalają wykonywać bardziej zaawansowanych operacji niż rysowanie przez projektanta kolejnych schematów i przygotowanie ich do druku.

Potrzeba przyspieszenia prac projektowych wymaga poszukiwania narzędzi coraz bardziej zaawansowanych, a przez to albo nadmiernie rozwiniętych albo wąsko specjalizowanych. Stopień zaawansowania wyrażony jest możliwościami zastąpienia przez program wielu czynności wykonywanych przez projektanta. Praktyczne wdrożenie powyższego postulatu w procesie projektowania nazywane jest jego automatyzacją.

Projekt, który może być objęty automatyzacją powinien charakteryzować się kilkoma podstawowymi cechami, takimi jak:

- standaryzacja rozwiązań (możliwość użycia jednakowych symboli elementów);
- powtarzalność schematów (możliwość stosowania szablonów);
- związki przyczynowo-skutkowe między składowymi projektu (możliwość opisu elementów parametrami umożliwiającymi powiązanie między różnymi rysunkami i zestawieniami, na których występuje ten sam element);
- jednoznaczność definicji zmiennych (w tym niepowtarzalność nazw elementów i wszystkich ich relacji);
- ustalona konfiguracja systemu (wszelkie zmiany w trakcie projektowania to nie tylko modyfikacja samej treści projektu, ale być może także elementów samego narzędzia automatyzacji);
- dobrze zdefiniowana struktura projektu z opisanymi powiązaniem pomiędzy poszczególnymi elementami.

Automatyzacja procesu projektowania urządzeń srk, ze względu na ich specyfikę i charakterystyczną strukturę projektu, powinna umożliwiać:

- automatyczne generowanie arkuszy szczegółowych na podstawie arkuszy ogólnych, przez co należy rozumieć potraktowanie planów urządzeń srk na układzie torowym jako podstawy do automatycznego tworzenia bardziej szczegółowych planów, schematów, rysunków rozmieszczenia, zestawień; konieczne jest więc istnienie bazy danych projektowych, wykorzystywanych w kolejnych etapach procesu tworzenia dokumentacji;
- automatyczny dobór właściwych bloków rysunków, symboli i podkładów (szablonów) w zależności od wprowadzonych danych wejściowych; co oznacza istnienie biblioteki elementów i szablonów schematów;

- automatyczną numerację i kontrolę generowanych danych pod kątem poprawności, wykorzystania elementów, logiki powiązań;
- automatyczne przenoszenie zmian dotyczących danego elementu na wszystkie arkusze projektu, na których występuje;
- automatyczne wykonywanie obliczeń i generowanie zestawień, bilansów;
- automatyczną wymianę informacji z innymi systemami w otoczeniu systemu projektującego (systemem zarządzania projektami, systemem zamówień materiałów, systemem wytwarzania).

Znając warunki, jakie powinien spełniać projekt możliwy do objęcia automatyzacją, oraz wymagania stawiane oprogramowaniu, można dokonać oceny dostępnych metod i narzędzi wspomagających projektowanie według kryterium ich przydatności do automatyzacji procesu projektowania urządzeń srk. W zasadzie dostępne rozwiązania można podzielić na trzy zasadnicze grupy:

- **metody oparte na uniwersalnym oprogramowaniu CAD** (np. *AutoCAD*) – należą do nich skrypty, podprogramy, bloki dynamiczne, bloki opisane atrybutami, metody pozyskania danych z atrybutów; stanowią rozwiązania pomocnicze – ale raczej nie kompleksowe w tworzeniu dokumentacji, są uzupełnieniem i rozwinięciem możliwości edytorów grafiki wektorowej;
- **metody oparte na dedykowanym oprogramowaniu CAD** (np. *SEE Electrical*) – należą do nich złożone pakiety programów wspomagających prace projektowe i automatyzujące wiele czynności, jednak podstawową wadą jest wysoka specjalizacja w zakresie niezupełnie odpowiadającym potrzebom projektantów srk (większość programów automatyzuje tworzenie dokumentacji typowo elektrycznej); niektóre zarządy kolejowe korzystają ze specjalizowanych programów do tworzenia schematów urządzeń srk (np. *ProSIG* stosowany w Niemczech);
- **metody autorskie** (np. oparte na zbiorach danych atrybutowo-graficznych) – tworzone w niektórych biurach projektowych, najczęściej działające na zasadzie łączenia danych tekstowych z grafiką wektorową lub rastrową; wadami tego typu rozwiązań są ich ograniczone możliwości, mały zasięg stosowania, problemy z wymianą danych do innego rodzaju programów, często również brak rozwiązań kompleksowych.

Wydaje się, że najlepszym rozwiązaniem byłby system automatyzacji projektowania oparty o programy i rozszerzenia plików na tyle znane, by możliwa była łatwa ich wymiana i szybkie przejście biur projektowych na nowy standard. Tym niemniej powinno to być środowisko specjalizowane dla tworzenia projektu srk, z uwzględnieniem jego specyfiki, struktury i zakresu, począwszy od planów, poprzez schematy, rysunki rozmieszczenia, aż do list i zestawień. System powinien być oparty o bazę danych i bibliotekę elementów, które można stale rozwijać i uzupełniać. Powinien również komunikować się z otoczeniem (innymi systemami) i być objęty kontrolą kompletności danych oraz śledzeniem zmian.

4. Model systemu automatyzacji projektowania (SAP)

W odpowiedzi na wyżej nakreślone postulaty opracowano założenia i model systemu automatyzacji projektowania (SAP). System złożony jest ze zbiorów danych, dokumentów (elektronicznych) oraz oprogramowania do ich przygotowania, archiwizacji i przetwarzania, którego zadaniem jest zautomatyzowanie procesu projektowania urządzeń srk, a celem wygenerowanie arkuszy rysunkowych projektu technicznego urządzeń srk [3].

System automatyzacji projektowania zdefiniowano poprzez trzy modele zbudowane w zunifikowanym języku modelowania *UML* (ang. *Unified Modeling Language*). Model struktury przygotowano z wykorzystaniem diagramu wdrożenia (ang. *deployment diagram*), model danych przy użyciu diagramu klas (ang. *class diagram*), a model działania - diagramu aktywności (ang. *activity diagram*). Poszczególne modele opisano poniżej.

4.1. Model struktury

W strukturze systemu automatyzacji projektowania (SAP) można wyróżnić trzy podstawowe grupy, a jednocześnie typy elementów powiązane ze sobą zależnościami logicznymi i przepływem danych [3]:

- **bazy danych**, których zadaniem jest przechowywanie wszystkich danych tekstowych i liczbowych niezbędnych do wygenerowania kompletnej dokumentacji;
- **programy**, których zadaniem jest przygotowanie plików, pozyskanie danych i wykonanie operacji na zbiorach danych;
- **dokumenty**, które stanowią pliki tekstowe i graficzne wykorzystywane do tworzenia arkuszy rysunkowych, dokumenty wejściowe jak również same arkusze rysunkowe.

Bazy danych obejmują:

- bazy danych na poziomie danych ogólnych,
- bazy danych na poziomie danych szczegółowych (opisane w punkcie 4.2).

Dokumenty obejmują:

- dokumenty z danymi wejściowymi (opis przedmiotu zamówienia OPZ, specyfikacje, dokumentacje techniczno-ruchowe DTR, dokumentacje archiwalne, wytyczne, plany sytuacyjne, dokumenty w centralnej kolejowej bazie danych *CKBD*, dane z bazy danych *POS* w powiązaniu z systemem generowania układów torowych *EWD*);
- szablony rysunkowe, bloki rysunkowe i inne obiekty graficzne – zebrane w bibliotece stanowiącej odrębny katalog (lub grupę katalogów);
- arkusze rysunkowe projektu – stanowiące wynik zautomatyzowanego procesu projektowania, w postaci plików graficznych edytowalnych i nieedytowalnych.

Oprogramowanie obejmuje:

- program grafiki wektorowej typu *CAD* (np. *AutoCAD*) do przygotowania szablonów i innych obiektów graficznych;
- program wyodrębniania danych wejściowych (np. narzędzie programu *AutoCAD*);
- program gromadzenia i przetwarzania danych, umożliwiający operacje na danych i zapis do postaci tekstowej pliku (np. *MS Excel*);
- program łączenia danych z grafiką, którego zadaniem jest łączenie szablonów ze zmiennymi treściami i generowanie arkuszy rysunkowych w zadanym formacie;
- program kontroli wersji, który stanowi narzędzie nadzorujące wprowadzanie zmian do projektu (np. typu *SVN*).

Pliki wyjściowe z procesu projektowania (arkusze rysunkowe) powinny być archiwizowane razem z aktualnymi na dzień wygenerowania szablonami i zbiorami danych. Pliki powinny być dostępne w wersji wektorowej edytowalnej (tekstowej *.dxf*, opcjonalnie binarnej *.dwg*) oraz w wersji *.pdf*. Zarchiwizowana baza danych projektu oraz zestaw szablonów powinna umożliwić wygenerowanie określonej wersji dokumentacji.

4.2. Model danych

Struktura systemu automatyzacji projektowania (SAP) oparta została o kilka baz danych, które tworzone są w arkuszach kalkulacyjnych. Determinuje to sposób ich prezentacji i przetwarzania w dwuwymiarowej tabeli, przy wykorzystaniu określonych funkcji.

W strukturze SAP można wyróżnić dwa podstawowe poziomy organizacji danych [3]:

- **poziom danych ogólnych**, obejmujący dane wstępnie przygotowane do wykorzystania w projektowaniu, które stanowią stały zasób biura projektowego;
- **poziom danych szczegółowych**, obejmujący dane przygotowane dla konkretnej wersji dokumentacji projektowej, zebrane w bazie danych projektu.

Na poziomie danych ogólnych wyróżnić można następujące bazy danych:

- baza danych formalno-prawnych, zawierająca dane o jednostce projektowej, autorach projektu (projektanci, osoby współpracujące, sprawdzający), numerach umów, tytułach, oficjalnych oznaczeniach i treściach;
- baza danych o parametrach sprzętu, zawierająca dane techniczne o urządzeniach srk, sprzęcie komputerowym, elementach elektronicznych, mediach transmisyjnych, osprzęcie elektrycznym, wyposażeniu pomieszczeń, kablach i armaturze kablowej oraz wszystkich innych możliwych do zastosowania rozwiązaniach technicznych.

Na poziomie danych szczegółowych wyróżnić można następujące bazy danych:

- baza danych pozyskanych z danych wejściowych, zawierająca informacje niezbędne do wykonania konkretnego projektu, pobrane z dokumentów i danych wejściowych do procesu projektowania;
- baza danych wprowadzanych przez projektanta, zawierająca dane wpisywane do bazy przez autora dokumentacji, co do zasady ręcznie (bez udziału automatu); dane wprowadzane ręcznie obejmują wszystkie informacje, które pozostają do ustalenia przez projektanta, a także uzupełnienia, korekty, zmiany, indywidualne treści, które z różnych względów muszą zostać wpisane bezpośrednio przez projektanta;
- baza danych generowanych automatycznie, zawierająca dane generowane automatycznie z innych danych wprowadzonych do bazy danych projektu;
- baza danych projektu, która stanowi formę agregacji danych ze wszystkich wyżej wymienionych baz danych, w szczególności bazy danych generowanych automatycznie; kluczem podstawowym w bazie jest numer arkusza.

Przyjęty model bazy danych powinien zapewniać automatyczne uaktualnianie danych, tzn. formuły w arkuszach kalkulacyjnych bazy danych powinny być tak przygotowane, aby zmiana w jednym miejscu powodowała automatycznie modyfikację w innych miejscach bazy danych projektu. Baza danych projektu zawiera również szereg informacji, które mogą być przydatne dla innych jednostek projektowych, działów firmy czy innych biur projektowych.

4.3. Model działania

Model działania systemu automatyzacji projektowania (SAP) został opracowany w oparciu o ogólny model procesu projektowania urządzeń srk. Działanie systemu nie ogranicza się tylko do generowania arkuszy projektowych, ale obejmuje cały proces projektowania, począwszy od pozyskania danych wejściowych, poprzez przygotowanie danych, dokumentów, przetwarzanie danych, kontrolę wersji, a skończywszy na wydaniu kompletnej wersji dokumentacji i jej archiwizacji. Model działania (przepływu sterowania) SAP przedstawiono na rys. 2. Schemat wykonano w języku *UML* przy wykorzystaniu diagramu aktywności.

Model posiada dwa alternatywne punkty początkowe, a tym samym dwa podstawowe scenariusze. W pierwszym z nich opracowywana jest pierwsza wersja dokumentacji projektowej, w drugim zaś powstaje kolejna wersja projektu.

W scenariuszu pierwszym, ze względu na wiele potencjalnych źródeł danych wejściowych, należy w pierwszym kroku dokonać ich identyfikacji i analizy kompletności. Stąd w modelu na samym początku wykonywane są akcje współbieżne, w których sprawdza się równolegle dostępność różnych źródeł danych wejściowych. Kolejny krok to założenie bazy danych projektu: utworzenie struktury katalogów i zebranie w nich plików z danymi pozyskanymi z danych

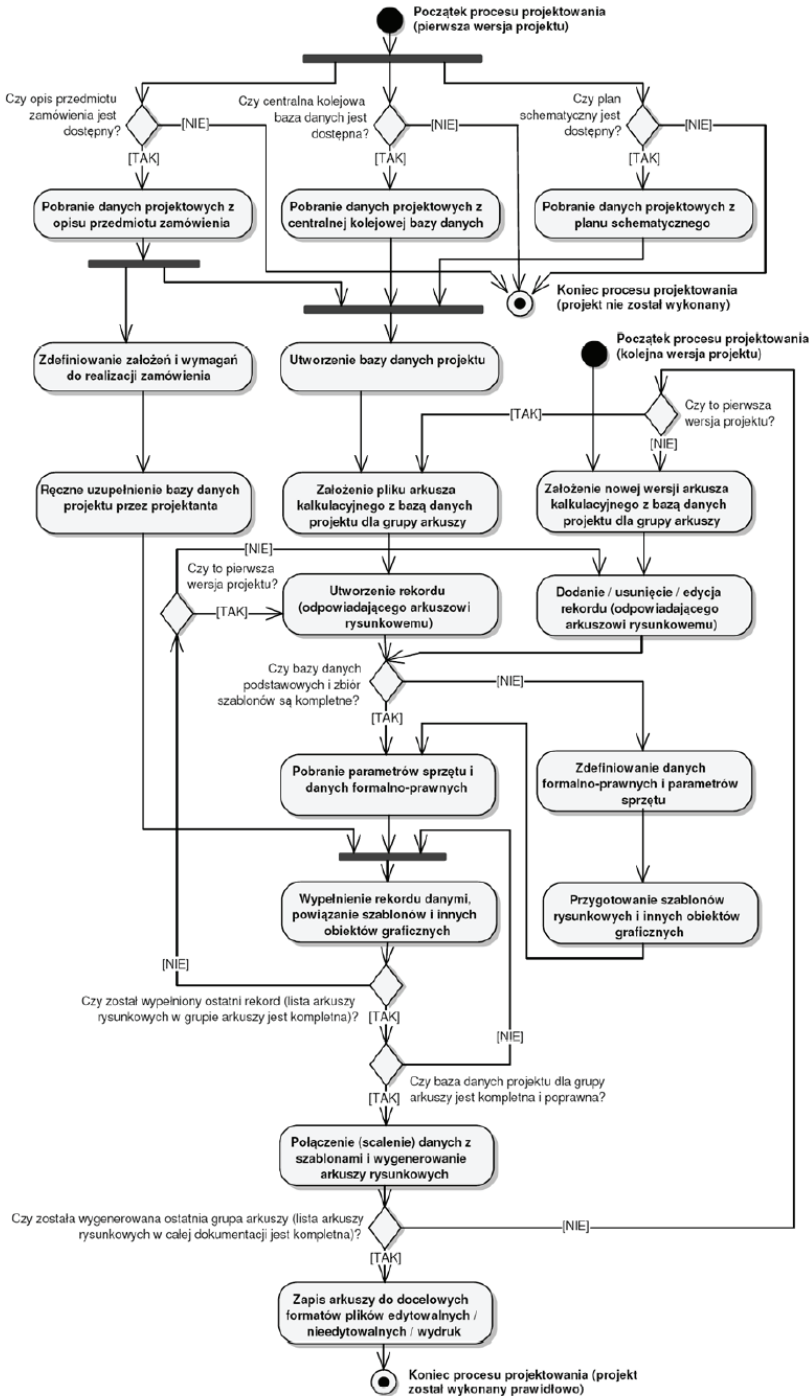
wejściowych. Następną czynnością jest utworzenie nowego pliku arkusza kalkulacyjnego dla pierwszej grupy arkuszy rysunkowych. W tym samym kroku budowana jest wewnętrzna struktura pliku, w tym układ i nagłówki kolumn odpowiadających zmiennym projektowym. W kolejnym kroku tworzony jest rekord (wiersz lub grupa wierszy) odpowiadający jednemu arkuszowi rysunkowemu. Po przygotowaniu pustego wiersza (wierszy) następuje weryfikacja kompletności i poprawności danych podstawowych oraz szablonów i innych obiektów graficznych. Jeżeli bazy danych ogólnych oraz biblioteka szablonów są kompletne, można przejść do kolejnego kroku. W przeciwnym wypadku należy uzupełnić dane podstawowe (parametry sprzętu i dane formalno-prawne), a także opracować właściwe szablony, bloki rysunkowe lub inne obiekty graficzne. Do tego celu wykorzystuje się m.in. programy grafiki wektorowej (np. AutoCAD) i narzędzia pomocnicze (np. skrypty, programy, *AutoLISP*).

Drugi scenariusz realizowany jest w sytuacji, gdy opracowywana jest kolejna wersja (wydanie, rewizja) danego projektu. Wówczas etap zbierania danych wejściowych można pominąć. Nowa wersja danych projektu stanowi zazwyczaj kopię starej, w której wprowadzane są modyfikacje (dodawanie, usuwanie, edycja rekordów).

Niezależnie od scenariusza w kolejnym kroku następuje pobranie parametrów sprzętu i danych formalno-prawnych do bazy danych projektu, a dalej wypełnienie nimi nowego (bądź też zmodyfikowanego) rekordu. W pola rekordu wpisywane są dane pochodzące z baz danych SAP niezbędne do wygenerowania kompletnego arkusza rysunkowego, w tym ścieżki dostępu do właściwych szablonów. Po wypełnieniu danymi należy podjąć decyzję, czy jest to ostatni rekord w bazie danych bieżącej grupy arkuszy rysunkowych. Jeśli tak, można przejść do weryfikacji kompletności i poprawności danych dla bieżącej grupy arkuszy. W przeciwnym razie następuje powrót do kroku z utworzeniem nowego / modyfikacją istniejącego rekordu. Czynności są powtarzane w pętli, aż do zakończenia edycji ostatniego arkusza.

Połączenie danych z bazy danych projektu z grafiką wektorową, a następnie wygenerowanie arkuszy rysunkowych następuje w odpowiednio przygotowanym do tego celu programie. Arkusze można zapisać do formatów plików edytowalnych wektorowych (tekstowych i binarnych), jak również nieedytowalnych. Możliwy jest także wydruk.

Wygenerowane arkusze i kopie zapasowe użytych szablonów oraz plików arkuszy kalkulacyjnych stanowią zbiór plików archiwalnych. Jeśli nie została wygenerowana ostatnia grupa arkusza, następuje powtórzenie wyżej opisanych czynności dla kolejnych grup (na zasadzie pętli).



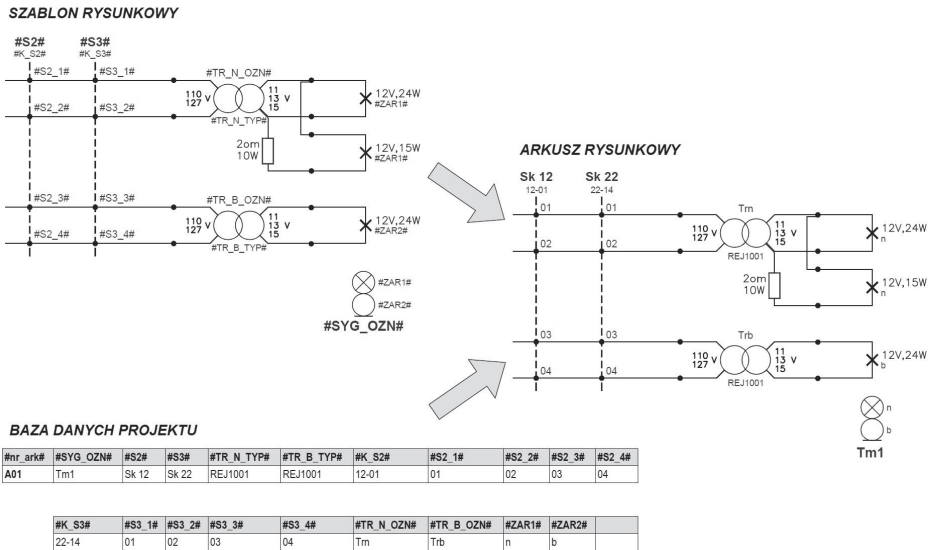
Rys. 2. Schemat ogólny modelu działania systemu automatyzacji projektowania

Źródło: {3}

5. Przykładowe programy systemu automatyzacji projektowania (SAP)

W ramach opracowania koncepcji systemu automatyzacji projektowania przygotowano kilka przykładowych narzędzi. Jednym z nich jest program *SAP-GA*, łączący dane tekstowe z bazy danych projektu z szablonami rysunkowymi wykonanymi w grafice wektorowej. Program wczytuje plik szablonu *.dxf*, a następnie plik tekstowy z bazą danych: *.txt* lub *.csv*. Analiza kolejnych wierszy pliku bazy danych opiera się na rozróżnianiu umownych znaków między polami tabeli, obliczania długości łańcuchów znaków i wstawiania odpowiednich treści pobranych z bazy danych na miejsce treści domyślnych zapisanych na szablonie.

Dla każdego następnego wiersza pliku bazy danych proces ten powtarza się, aż do wyczerpania rekordów (wierszy) bazy danych. Dla każdego rekordu generowany jest plik *.dxf* z arkuszem rysunkowym. Arkusze te różnią się od szablonu treścią, która dla każdego z nich jest teraz unikalna. Pliki zapisywane do dowolnego katalogu wskazanego przez użytkownika. Dodatkowe funkcje programu dotyczą sposobu nazywania i numerowania generowanych arkuszy. Schemat ideowy zasady działania programu przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Schemat ideowy zasady działania programu łączenia danych z grafiką wektorową

Zródło: opracowanie własne

Innym elementem oprogramowania przygotowanym w ramach prac nad systemem automatyzacji projektowania jest przykładowy skrypt do automatycznego tworzenia szablonu rysunkowego o zadanych przez użytkownika parametrach, napisany w języku *AutoLISP*. Jako reprezentatywny przykład wybrano szablon schematu rozproszania kabli z punktu rozdzielczego. Po wywołaniu polecenia wykonania skryptu, generowany jest schemat o zdefiniowanej przez użytkownika

ka liczbie kabli każdego rodzaju, geometrii rysunku i domyślnych opisach, które mogą być wypełnione docelowymi danymi z bazy danych projektu.

W pracy przedstawiono też przykładowe wykorzystanie bloków dynamicznych oraz funkcji wyodrębniania danych z bloków opisanych atrybutami. Jako przykład wybrano blok dynamiczny czujnika koła, któremu nadano parametr *strona zabudowy*. Parametr ten może przyjmować dwie wartości: lewy wg km i prawy wg km. Ustawienia wartości parametru dokonuje użytkownik wstawiając każdorazowo blok na rysunek. Blok opisany został atrybutami (zarówno widocznymi, jak i niewidocznymi na rysunku). Wszystkie wartości parametrów i atrybutów można wyodrębnić z bloku w postaci tabelarycznej i wykorzystać do uzupełniania bazy danych projektu na potrzeby tworzenia szczegółowych schematów.

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono jedynie krótki zarys bardzo szerokiego zagadnienia automatyzacji procesu projektowania. Wiele kwestii pozostaje otwartych i wymaga doskonalenia w przyszłości. Kluczowe jest badanie i zwiększanie efektywności automatyzacji projektowania, upraszczanie procedur, standaryzacja rozwiązań i wdrażanie coraz bardziej zaawansowanych metod tworzenia grafiki oraz gromadzenia i przetwarzania danych.

Śledząc rozwój narzędzi komputerowego wspomaganie projektowania można sądzić, że proces automatyzacji będzie postępował także w zakresie automatycznej optymalizacji, rozwiązywania sytuacji konfliktowych bez udziału projektanta, integracji automatyzacji projektowania z automatyzacją produkcji. Celem dalszych badań jest przygotowanie kompletnych założeń i wprowadzenie kompleksowych rozwiązań w obszar projektowania urządzeń srk. Specyfika tych urządzeń wymusza poszukiwanie nowych metod zmniejszenia ryzyka wystąpienia błędów i zwiększenia efektywności samego procesu projektowania.

Literatura

- [1] Bajon, M., Grochowski, K., Karbowski, H., Zasady projektowania systemów i urządzeń sterowania ruchem kolejowym, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1981.
- [2] Tarnowski, W., Podstawy projektowania technicznego, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
- [3] Wontorski, P., Koncepcja automatyzacji procesu projektowania urządzeń srk, praca magisterska, Wydział Transportu PW, Warszawa 2016