

## BADANIE CZASOCHŁONNOŚCI PROJEKTOWANIA URZĄDZEŃ STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM<sup>1</sup>

---

**Paweł Wontorski**

mgr 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, e-mail: 6077@pw.edu.pl

**Andrzej Kochan**

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

---

**Angelika Więsek**

inż., Rail-Mil Computers, ul. Kosmatki 82, 03-982 Warszawa, tel.: +48 505 329 226, e-mail: angelika-wiesek@wp.pl

***Streszczenie.** Artykuł stanowi podsumowanie badań czasochłonności projektowania urządzeń sterowania ruchem kolejowym w warunkach rzeczywistej pracy biura projektowego. Badania miały na celu wykazanie różnic między projektowaniem bez oraz z zastosowaniem automatyzacji. Ponadto przeprowadzono analizę czynników wpływających na proces projektowania, zidentyfikowano etapy wymagające poprawy efektywności, zbadano możliwości i racjonalne przesłanki za wprowadzeniem automatyzacji w poszczególne fazy projektowania. Wnioski przekonują do dalszego rozwoju automatyzacji, a następnie posłużą do ustalenia priorytetów we wdrażaniu właściwych metod i narzędzi. W wyniku analiz wprowadzono pojęcia wskaźnika efektywności automatyzacji oraz wskaźnika czasochłonności projektowania. Znajomość wartości wskaźników oraz umiejętne posługiwanie się nimi przyczynią się do usprawnienia zarządzania czasem i zasobami jednostki projektowej.*

***Słowa kluczowe:** automatyzacja, sterowanie ruchem kolejowym, projektowanie, czasochłonność*

### 1. Wprowadzenie

Projektowanie urządzeń sterowania ruchem kolejowym (srk) jest złożonym procesem, którego usprawnienie stanowi jeden z głównych celów wprowadzania automatyzacji i standaryzacji do praktyki projektowej. Działania te wymagają jednak przeprowadzenia głębszych badań, w tym opisanego niżej badania czasochłonności projektowania w warunkach rzeczywistej pracy biura projektowego, z uwzględnieniem automatyzacji i jej wpływu na proces projektowania.

Sformułowano następującą tezę roboczą: automatyzacja przyspiesza projektowanie urządzeń sterowania ruchem kolejowym.

Przed przystąpieniem do badań postawiono do zrealizowania następujące cele:

- potwierdzenie zasadności wprowadzania technik i narzędzi automatyzujących projektowanie, ze względu na spełnienie podstawowego postulatu: skrócenia czasu projektowania,

---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Wontorski P. 34%, Kochan A. 33%, Więsek A. 33%

- identyfikację etapów projektowania o różnym stopniu przyspieszenia projektowania po wprowadzeniu automatyzacji (efektywność automatyzacji),
- identyfikację etapów projektowania najbardziej opóźniających prace projektowe, wymagających działań korygujących (wprowadzenia nowych metod, narzędzi),
- sformułowanie uniwersalnego wskaźnika czasochłonności projektowania, umożliwiającego sprawniejsze zarządzanie projektem w zakresie harmonogramowania działań i organizacji zespołu projektującego.

## 2. Czynniki wpływające na czasochłonność projektowania

Czas realizacji poszczególnych etapów procesu projektowania zależy od wielu czynników [3], [1], z których najważniejsze są:

- **czynniki organizacyjne** – wszystkie aspekty dotyczące organizacji pracy w biurze projektowym, w tym: struktura organizacyjna biura, liczba projektantów i asystentów, sposób zarządzania pracą zespołu, podział obowiązków, procedury,
- **czynniki techniczne: programowe** – oprogramowanie wspomagające pracę projektantów (CAD), programy podstawowe i pomocnicze, oprogramowanie uniwersalne i dedykowane, programy oparte na grafice wektorowej i rastrowej, edytory tekstu, programy do operacji na dużych zbiorach danych, programy do operacji na plikach, programy i funkcje automatyzujące prace projektowe, liczba licencji,
- **czynniki techniczne: sprzętowo-materiałowe** – sprzęt komputerowy i inne urządzenia techniczne wspomagające pracę projektantów, umożliwiające opracowanie i wydanie dokumentacji, także w wersji papierowej; liczba i parametry komputerów, monitorów, skanerów, ploterów, kserokopiarek, pomocniczego wyposażenia biurowego, dostępność artykułów papierniczych i materiałów eksploatacyjnych,
- **czynniki zewnętrzne** – wszystkie aspekty wpływające na prace zespołu projektującego, których źródło znajduje się poza tym zespołem, w tym: terminy realizacji projektów, ograniczony dostęp do informacji, zależność od zewnętrznych decyzji i ustaleń, konflikty interesów, uzgodnienia międzybranżowe,
- **przedmiot projektowania** – rodzaj, wielkość i inne cechy obiektu objętego projektem (stacja, szlak, przejazd), rodzaj zastosowanych urządzeń, stopień złożoności projektu, zakres modernizacji, wybrane rozwiązania techniczne,
- **stopień standaryzacji** – udział rozwiązań standardowych (typowych, znormalizowanych, podobnych) do ogółu zastosowanych rozwiązań w danym projekcie; wysoki stopień standaryzacji może zdecydowanie przyspieszyć proces projektowania, poprzez redukcję czasu poświęcanego na uzgodnienia międzybranżowe, opiniowanie, spotkania koordynacyjne, oczekiwanie na uzyskanie świadectw i certyfikatów; standaryzacja pozwala stosować rozwiązania spraw-

dzone i wykonywać kolejne projekty na zasadzie podobieństwa do obiektów już zrealizowanych, co zmniejsza liczbę błędów, zwiększa wydajność pracy zespołu projektującego, pozwala na przyspieszenie produkcji (montażu) i instalacji w terenie w oparciu o znane, powtarzalne rozwiązania; umożliwia, a następnie ułatwia wdrożenie automatyzacji projektowania,

- **stopień automatyzacji** – udział czynności zautomatyzowanych (czyli wykonywanych bez udziału projektanta, z wykorzystaniem sprzętu komputerowego i oprogramowania) w ogóle czynności składających się na dany proces; autorzy artykułu postawili tezę, że wysoki stopień automatyzacji przyspiesza projektowanie, ponieważ umożliwia wykonanie wielu operacji projektowych bez udziału człowieka: nieheurystycznych (nietwórczych), a jednocześnie powtarzalnych, żmudnych i błędogennych, o ile tylko poddają się algorytmizacji; automatyzacja w przyjętym rozumowaniu oznacza wykonanie przez program komputerowy części projektu (dane wyjściowe) na podstawie pierwotnie wprowadzonych informacji (dane wejściowe), to znaczy wygenerowanie rysunków po odpowiednim przetworzeniu danych pobieranych i zwracanych z powrotem do jednolitej bazy danych projektu [2].

### 3. Koncepcja, przedmiot i program badań

Badanie realizowane było zasadniczo na dwóch płaszczyznach. Pierwsza płaszczyzna obejmowała zbieranie ogólnych informacji o pracy zespołu projektującego, obserwacje, prowadzenie rozmów (metoda wywiadu) i praktyczne współuczestniczenie w procesie przygotowywania dokumentacji projektowej. W ramach tej sfery badań pozyskano dane na temat możliwości techniczno-organizacyjnych zespołu projektującego, uwarunkowań formalno-prawnych, zależnościach służbowych, relacjach interpersonalnych, formach organizacji i zarządzania przyjętych w zespole i biurze. Wszystkie te elementy miały wpływ na proces opracowywania i wydawania dokumentacji. Szczególnie cenne okazały się obserwacje pracy zespołu w sytuacjach kryzysowych i nietypowych.

Druga płaszczyzna obejmowała właściwe pomiary czasu wykonywania poszczególnych prac składających się na proces projektowania. Celem działań w ramach tej płaszczyzny badania było zestawienie różnicy czasów poszczególnych etapów projektowania urządzeń sterowania ruchem kolejowym bez wykorzystania automatyzacji i z wykorzystaniem automatyzacji (niekiedy częściowej) oraz ich porównanie na tle całego procesu projektowego i inwestycyjnego.

W ramach badania analizie zostały poddane czasy przygotowania projektów urządzeń sterowania ruchem kolejowym do drugiego wydania (rewizji) włącznie. Jako przedmiot badań wykorzystano rzeczywiste projekty wykonawcze opracowane dla dwóch różnych typów obiektów, przy zastosowaniu lub bez zastosowania automatyzacji:

- projekt komputerowych urządzeń srk na stacji Marciszów, wykonany z częściową automatyzacją,

- projekt komputerowych urządzeń srk na Stacji Techniczno-Postojowej Kabaty obejmujący nowy układ torowy związany z nową elektrowozownią (Obiekt nr 6), wykonany bez automatyzacji,
- projekt komputerowej blokady liniowej z automatycznym posterunkiem odstępowym dla szlaku Kłobuck - Miedźno (linia 131), wykonany z częściową automatyzacją,
- projekt komputerowej blokady liniowej z automatycznym posterunkiem odstępowym dla szlaku Brzeźnica - Spytkowice (linia 94), wykonany bez automatyzacji.

Projekty wykonawcze urządzeń srk realizowane były w zakresie urządzeń wewnętrznych i zewnętrznych. Inwestycje polegały na modernizacji obiektu, wymianie urządzeń zewnętrznych, instalacji całkowicie nowych komputerowych urządzeń wewnętrznych i modernizacji sieci kablowej. Wyżej wymienione stacje różniły się co do wielkości i złożoności, dlatego pomierzone czasy były odpowiednio przeliczane, w celu uzyskania porównywalnych wyników, do tak zwanego obiektu przeliczeniowego (wybrano Marciszów). Szlaki były niemal identyczne pod względem stopnia złożoności i liczby urządzeń (nie wprowadzono obiektu przeliczeniowego). Etapy projektowania zostały wyróżnione według [4] oraz na podstawie doświadczeń projektantów w biurze projektowym.

Automatyzacji podlegała zawsze pewna część projektu (automatyzacja częściowa), ze względu na ograniczone możliwości istniejącego oprogramowania. Wykorzystywane były zarówno narzędzia oparte o platformę AutoCAD (funkcje wbudowane, makropolecenia VBA, operacje na blokach) oraz programy własne firmy, automatyzujące generowanie tworzenia rysunków w oparciu o wspólną bazę danych i stałe szablony. W projektowaniu bez automatyzacji posługiwano się tylko funkcjami podstawowymi programów AutoCAD, MS Office i programów pomocniczych. Zróżnicowanie sposobów projektowania wynika m.in. z długotrwałego procesu wprowadzania nowych rozwiązań (automatyzacja) do praktyki projektowania oraz brakiem zasadności automatyzowania indywidualnych, niepowtarzalnych rozwiązań. Więcej na ten temat napisano w [2] oraz [3].

Sumaryczny czas trwania wszystkich etapów w ramach każdego projektu uzyskany podczas pomiarów nie pokrywał się z całkowitym czasem poświęconym na realizację projektu od rozpoczęcia do zakończenia prac projektowych. Wynikało to przede wszystkim z faktu równoległego wykonywania innych projektów, prowadzenia prac nad tym samym projektem w tym samym czasie przez różne osoby, prowadzenia prac towarzyszących niezwiązanych bezpośrednio z projektem, występowania długich przerw między różnymi etapami i wreszcie konieczności rozróżnienia całkowitego czasu pracy pracowników biura od czasu „netto”, czyli rzeczywiście, ściśle poświęconego na prace projektowe. Na przykład sumaryczny czas prac projektowych wyniósł 80 godzin (w przeliczeniu na pracę jednej osoby). Tymczasem od otwarcia do zamknięcia projektu minęły około 3 miesiące. Przedmiotem badań był ściśle czas prac projektowych „netto”.

- Po sformułowaniu założeń i wyborze obiektów, program badań zakładał kolejno:
1. Przygotowanie protokołu (formularza) badań – w formie tabelarycznej i wypisanie w wierszach tabeli poszczególnych etapów procesu projektowania, a w kolumnach czasów ich realizacji (tba – czas realizacji projektu bez automatyzacji, ta – czas realizacji projektu z częściową automatyzacją).
  2. Przygotowanie niezbędnych narzędzi do przeprowadzenia badania – oprócz potwierdzenia prawidłowego wyposażenia biura projektowego, należało stworzyć plik w arkuszu kalkulacyjnym, służący do przeliczania pomierzonych czasów na ustalony wcześniej obiekt przeliczeniowy oraz zaopatrzyć się w przyrząd do mierzenia czasu.
  3. Pomiar czasów obejmujący realizację poszczególnych etapów procesu projektowania.
  4. Zapis pomierzonych wartości liczbowych odpowiadających czasom realizacji poszczególnych etapów w arkuszu kalkulacyjnym utworzonym wcześniej.
  5. Zapis odpowiednio przeliczonych wartości w protokole (formularzu) badań.
  6. Przeprowadzenie analizy otrzymanych wyników badań.
  7. Opracowanie wniosków z przebiegu i wyników badań.

#### 4. Wyniki badań

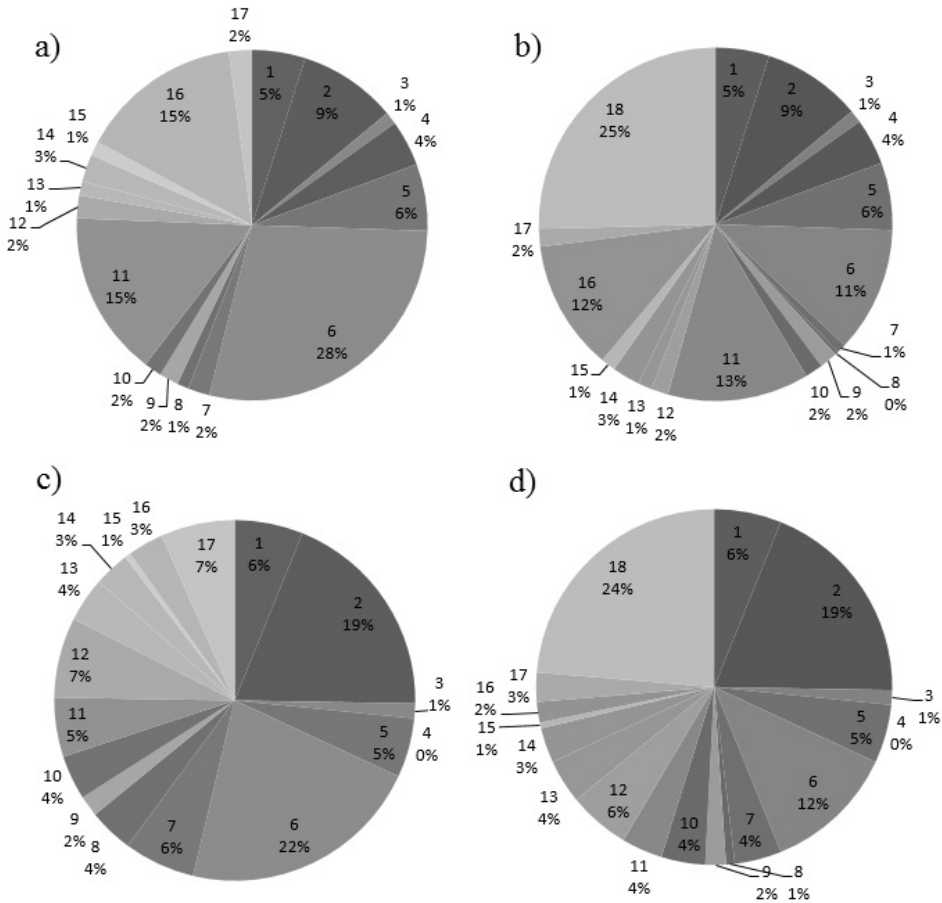
Wyniki z pomiarów zostały ujęte w formie zestawień tabelarycznych w formularzach z badań. Rozrózono poszczególne etapy projektowania z przypisaniem czasów realizacji każdego z nich bez i z częściową automatyzacją. Fragment protokołu (formularza) z badań z przykładowymi wynikami przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Fragment formularza z badań czasochłonności projektowania

Etapy procesu projektowania		Czas bez automatyzacji tba [h]	Czas z częściową automatyzacją ta [h]
Opracowanie planu schematycznego	opracowanie rozmieszczenia urządzeń	3	-
	uzgodnienia	2	
	sprawdzenie w terenie	2	
	korekty	0,2	
Opracowanie schematów obwodów	schematy obwodów świateł	1,2	0,5
	schematy obwodów liczników osi	2	1
	schematy rozprowadzenia kabli	1,4	1
	schematy obwodów interfejsów i powiązań	1,5	1
	schematy obwodów meldunkowych i poleceńowych	1	0,5
	schematy obwodów transmisji danych	0,5	0,3
	schematy obwodów zasilania urządzeń	0,6	0,2

Źródło: {3}

Na rys. 1 przedstawiono wykresy z udziałami poszczególnych etapów w całym procesie projektowania. Jeżeli któryś etap w ogóle nie podlegał automatyzacji do obliczeń podawano, zgodnie z rzeczywistością, czas wykonania tego etapu bez automatyzacji.



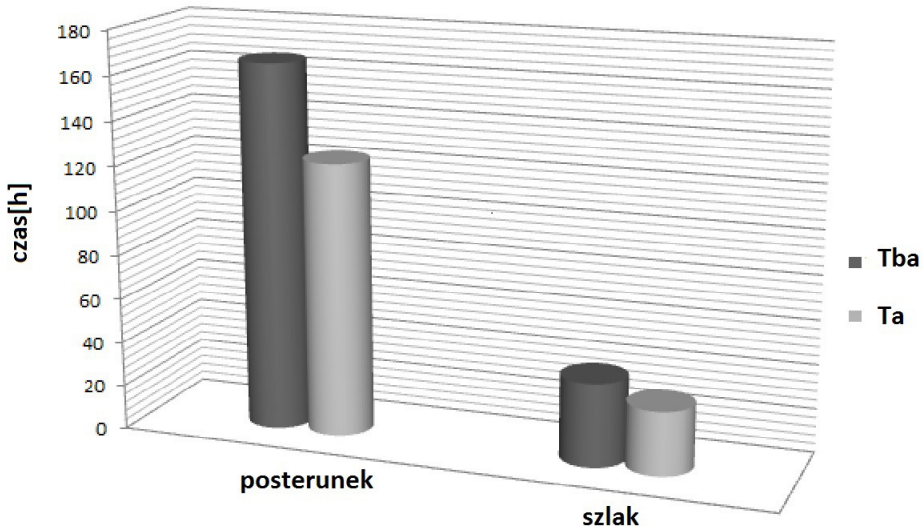
Rys. 1. Wykresy przedstawiające udział poszczególnych etapów w procesie projektowania:

a) dla stacji bez automatyzacji, b) dla stacji z częściową automatyzacją,

c) dla szlaku bez automatyzacji, d) dla szlaku z częściową automatyzacją

1 – pozyskanie danych wejściowych, 2 – opracowanie planu schematycznego, 3 – pobranie danych z planu schematycznego, 4 – opracowanie zapisu zależności, 5 – opracowanie planu kablowego i kontroli niezajętości, 6 – opracowanie schematów obwodów, 7 – opracowanie rysunków rozmieszczenia urządzeń, 8 – opracowanie zestawień, 9 – opracowanie części opisowej, 10 – sprawdzenie wewnętrzne dokumentacji, 11 – zmiany (korekty) w dokumentacji – wewnętrzne, 12 – wydanie pierwszej wersji dokumentacji, 13 – uzgodnienia projektu, 14 – sprawdzenie zewnętrzne dokumentacji, 15 – opracowanie odpowiedzi na uwagi, 16 – zmiany (korekty) w dokumentacji – zewnętrzne, 17 – wydanie dokumentacji, 18 – czas zaoszczędzony podczas realizacji projektu dzięki zastosowaniu automatyzacji (źródło: {3})

Całkowity czas wytworzenia projektu wykonawczego dla stacji bez automatyzacji wyniósł 165,4 h, a z częściową automatyzacją 123,4 h. Skrócenie czasu przygotowania projektu o 42 h daje możliwość wydania dokumentacji nawet o tydzień roboczy wcześniej. Wytworzenie projektu wykonawczego w przypadku projektowania urządzeń srk dla szlaku zajęło 37,6 h bez automatyzacji oraz 28,7 h z częściową automatyzacją (rys. 2).



Rys. 2. Wykres przedstawiający porównanie sumarycznych czasów projektowania: bez automatyzacji ( $t_{ba}$ ) i z częściową automatyzacją ( $t_a$ )

Źródło: {3}

W związku z powyższym:

- skrócenie czasu przygotowania projektu urządzeń stacyjnych srk z częściową automatyzacją wyniosło 25% w stosunku do czasu przygotowania projektu urządzeń stacyjnych srk bez automatyzacji,
- skrócenie czasu przygotowania projektu urządzeń liniowych srk z częściową automatyzacją wyniosło 24% w stosunku do czasu przygotowania projektu urządzeń liniowych srk bez automatyzacji.

Na podstawie wyników można zdecydowanie potwierdzić zasadność, a nawet konieczność, wprowadzania technik i narzędzi automatyzujących projektowanie, ze względu na znaczne skrócenia czasu projektowania w skali całego projektu.

Podczas badania zanotowano zróżnicowanie stopnia skrócenia czasu projektowania poszczególnych etapów w wyniku zastosowania automatyzacji. Na potrzeby badania wprowadzono wskaźnik efektywności automatyzacji  $EA$ , zdefiniowany jako stosunek czasu czynności z zastosowaniem automatyzacji i czasu tej samej czynności bez automatyzacji:



$$EA = \frac{ta}{tba} \quad (1)$$

gdzie:

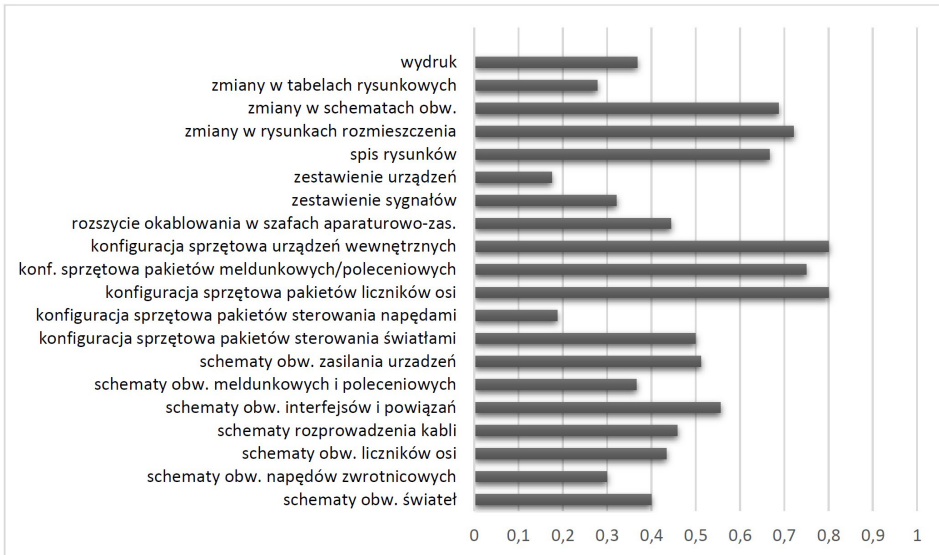
$EA$  – wskaźnik efektywności automatyzacji,

$ta$  – czas z automatyzacją  $\{b\}$ ,

$tba$  – czas bez automatyzacji  $\{b\}$ .

Na rysunku 3 przedstawiono wartości wskaźnika  $EA$  dla wszystkich etapów projektowania, gdzie zastosowano automatyzację. Wartości uśredniono dla stacji i szlaku, a także dla powtarzających się etapów (takich jak ponowne wydanie projektu).

Znaczne przyspieszenie dzięki zastosowaniu automatyzacji uzyskano w przypadku etapów cechujących się powtarzalnością, dużym udziałem treści w postaci tekstowej lub tabelarycznej oraz bazujących na już istniejących częściach projektu. Dotyczy to zestawień urządzeń, konfiguracji sprzętowej kaset, zmian w tabelach rysunkowych (ponad 3-krotne przyspieszenie). W mniejszym stopniu, chociaż istotnym, automatyzacja przyspieszyła opracowywanie schematów obwodów (2-krotne przyspieszenie).



Rys. 3. Wykres przedstawiający uśredniony wskaźnik efektywności automatyzacji  $EA$  dla różnych etapów projektowania

Źródło: opracowanie własne

Interesujące są przypadki nieznacznego tylko wzrostu tempa prac dzięki wprowadzeniu automatyzacji. Wprowadzanie zmian i poprawek wymaga bardzo indywidualnego podejścia do projektu, co utrudnia możliwość automatyzacji i przyspieszenia pracy. Dotyczy to szczególnie złożonych rysunków rozmieszczenia



urządzeń w szafach i pomieszczeniach. Niska efektywność w przypadku schematów obwodów interfejsów i powiązań wynikała z wprowadzenia niestandardowych rozwiązań, w tym nowych szablonów obwodów do biblioteki biura projektowego. Spowodowało to wydłużenie czasu trwania całego etapu, przy czym uruchomiana automatyzacja nie mogła już zrekompensować strat wynikających z poświęcenia czasu na wprowadzenie nowego elementu. To bardzo ważny wniosek: w przypadku projektów niestandardowych, z małą liczbą powtarzalnych rozwiązań, wprowadzanie automatyzacji może być nieracjonalne, a nawet wydłużyć czas projektowania.

Inny przypadek, to np. konfiguracja sprzętowa pakietów liczników osi. Ta część projektu nadaje się do automatyzacji, ale efektywność w stosunku do projektowania bez automatyzacji jest niewielka, bo są to rysunki bardzo proste i szybkie do wykonania w sposób ręczny (poprzez dobór i kopiowanie odpowiednich bloków pakietów). Stąd kolejny wniosek, że nie zawsze wdrażanie automatyzacji jest potrzebne.

Abstrahując od przykładów obniżonej efektywności, którą można racjonalnie uzasadnić, wniosek podstawowy jest następujący: wskaźnik efektywności nigdzie nie osiągnął wartości  $> 1$ , co oznacza, że automatyzacja na ogół przyspiesza projektowanie.

Niektóre części projektu nie były wykonywane automatycznie. Wynika to przede wszystkim z różnej podatności na automatyzację poszczególnych elementów projektu. Elementy pierwotne i o bardzo indywidualnej dla każdego obiektu zawartości (np. plan schematyczny, plan tras kablowych, plan układowej kontroli niezajętości) nie są poddawane automatyzacji ze względu na brak odpowiednio zaawansowanych narzędzi i metod automatyzacji wykonania np. rozmieszczenia urządzeń na układzie torowym. Poza tym występuje kilka innych ograniczeń: indywidualna, niepowtarzalna treść, brak standaryzacji układów torowych, brak odpowiednio przygotowanej bazy danych o obiektach kolejowych, nieprzystosowanie przepisów do cyfrowego modelowania planów schematycznych, zamiast stosowania tradycyjnych form papierowych. Tymczasem znaczna część czasu projektowania (10-20%) poświęcana jest tylko na opracowanie planu schematycznego (łącznie z uzgodnieniami, rozwiązywaniem konfliktów, podejmowaniem decyzji). Modelowanie cyfrowe obiektów (BIM) mogłoby, obok automatyzacji, część z tych prac przyspieszyć.

Inne etapy opóźniające prace projektowe w stosunku do działań zautomatyzowanych, które można przyspieszyć, to wydawanie kolejnych wersji (rewizji) dokumentacji związane z wprowadzaniem korekt, przedrukami, składaniem kilku egzemplarzy papierowej wersji dokumentacji. Łącznie czynności te mogą zajmować nawet powyżej 20% całego czasu projektowania. Właściwym kierunkiem byłyby stopniowa rezygnacja z formy papierowej, począwszy od ograniczenia liczby podpisów i pieczęci na każdym arkuszu w projekcie.

Pewnych etapów projektowania nie będzie można zautomatyzować. Należą do nich m.in. uzgodnienia projektu, sprawdzenie zewnętrzne dokumentacji, opracowanie odpowiedzi na uwagi, koordynacja międzybranżowa. Są to oczywi-

ście działania należące bardziej do sfery zarządzania projektem, nadzoru i kontroli, a nie ściśle generowania dokumentacji projektowej. Tym niemniej należy dążyć do wprowadzenia elementów automatyzacji także do tych etapów, tak by przyspieszyć procesy decyzyjne i zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia błędów podczas analizy dokumentacji.

## 5. Wskaźnik czasochłonności projektowania

W wyniku analiz materiałów i danych zebranych w trakcie realizacji badania sformułowano pojęcie **wskaźnika czasochłonności projektowania  $CP$** , określającego, ile czasu pracy (w przeliczeniu na jedną osobę) przypada na dany projekt lub jego wydzieloną część (np. etap, grupę arkuszy, pojedynczy arkusz). Wskaźnik można zapisać następująco:

$$CP = \frac{t}{p} \quad (2)$$

gdzie:

- $CP$  – wskaźnik czasochłonności projektowania (w przeliczeniu na: etap -  $CP_e$ , grupę arkuszy -  $CP_g$ , arkusz -  $CP_a$ , liczbę elementów -  $CP_l$ );
- $t$  – czas realizacji części projektu [ $b$ ] lub [ $min$ ];
- $p$  – wielkość części projektu (etap -  $p_e$ , grupa arkuszy -  $p_g$ , arkusz -  $p_a$ , liczba elementów -  $p_l$ ).

W tabeli 2 przedstawiono wartości wskaźnika czasochłonności w przeliczeniu na pojedyncze arkusze  $CP_a$  dla wybranych etapów badanych projektów urządzeń srk na stacjach. Porównanie wartości dla przypadków bez i z automatyzacją potwierdza na ogół przewagę drugiego modelu projektowania pod względem tempa generowania kolejnych arkuszy.

Części projektu, które nie mają stałej wielkości (objętości, czasu trwania), a ich wielkość zależy od wielkości obiektu (stacji, długości szlaku), takie jak plan schematyczny, cechują się tym wyższym wskaźnikiem czasochłonności, im więcej elementów obejmują. Na podstawie badań można wyciągnąć wniosek o proporcjonalności liczby napędów zwrotnicowych lub liczby czujników koła na stacji do czasochłonności wykonania planu schematycznego. W związku z powyższym dla tego typu arkuszy wieloelementowych (wielomodułowych), gdzie liczba elementów (modułów) jest wprost proporcjonalna do liczby urządzeń, sygnałów lub przebiegów przedstawionych na tych arkuszach, wskaźnik czasochłonności projektowania należy przeliczać dodatkowo na te elementy (tak zwane elementy przeliczeniowe). Dla różnych rodzajów arkuszy można wskazać inne charakterystyczne elementy przeliczeniowe. W przypadku planu schematycznego może to być liczba napędów zwrotnicowych lub sygnalizatorów, w przypadku tablicy zależności – liczba przebiegów, dla schematu transmisji Ethernet – liczba adresów IP, itd.

Wysokim wskaźnikiem czasochłonności projektowania w przeliczeniu na pojedynczy arkusz cechuje się plan schematyczny. Wskaźnik czasochłonności przyjął wartości:  $CP_a = 15h/arkusz$  dla stacji Marciszów i  $CP_a = 7,2h/arkusz$  dla szlaku Kłobuck-Miedźno. Jednak do analiz porównawczych znacznie bardziej miarodajny jest wskaźnik czasochłonności wykonania planu schematycznego odniesiony do liczby elementów przeliczeniowych (np. sygnalizatorów): dla stacji Marciszów  $CP_l = 0,45h/sygnalizator$  i  $CP_l = 0,9h/sygnalizator$  dla szlaku Kłobuck-Miedźno. Już na tym prostym przykładzie widać różnice w wartości wskaźnika w zależności od odniesienia: w przeliczeniu na liczbę elementów, projektowanie prostego planu schematycznego dla szlaku jest bardziej pracochłonne niż projektowanie złożonego planu dla stacji. Po części można to wyjaśnić stałymi kosztami czasowymi wytworzenia arkusza niezależnie od wielkości obiektu (uzgodnienia, ustawienie arkusza, przygotowanie tabeli rysunku, wydruk).

Tabela 2. Wartości wskaźnika  $CP_a$  dla wybranych etapów

L.p.	Nazwa etapu	Wartość wskaźnika $CP_a$ [min/arkusz]	
		Obiekt 6 (bez automat.)	Marciszów (z automat.)
1.	schematy obwodów świateł	63	7,8
2.	schematy obwodów napędów zwrotnicowych	7,8	2,4
3.	schematy obwodów liczników osi	29,4	6,6
4.	schematy rozprowadzenia kabli	32,4	9,6
5.	schematy obwodów interfejsów i powiązań	124,8	13,8
6.	schematy obwodów meldunkowych i poleceniowych	27,6	7,2
7.	schematy obwodów zasilania urządzeń	36,6	28,8
8.	konfiguracja sprzętowa pakietów sterowania światłami	6	7,8
9.	konfiguracja sprzętowa pakietów sterowania napędami	31,8	9
10.	konfiguracja sprzętowa pakietów liczników osi	3,6	6
11.	konf. sprzętowa pakietów meldunkowych/poleceniowych	4,2	6
12.	zestawienie sygnałów	1,8	4,8
13.	zestawienie urządzeń	30	3
14.	spis rysunków	3,6	3

Źródło: opracowanie własne

Zbieranie (akwizycja) danych z większej liczby procesów projektowania pozwoli zbudować bogatą bazę danych i stale aktualizować uśrednione wartości wskaźnika czasochłonności projektowania dla poszczególnych etapów prac projektowych, grup i rodzajów arkuszy czy wreszcie pojedynczych rysunków. Znajomość tego wskaźnika i obserwacja trendów w długim horyzoncie czasowym może znacznie poprawić efektywność zarządzania całym procesem projektowania.

W pierwszej kolejności umiejętnie posługiwanie się wskaźnikiem może znacznie ułatwić prognozowanie wykorzystania czasu i zasobów, którymi dysponuje jednostka projektowa, poprzez odniesienie do posiadanych już informacji. Pozwoli to na wspomaganie procesów decyzyjnych w zakresie przydziału obowiązków, zarządzania czasem i ustalania priorytetów w kierunku bliskim optymalnemu, także

w warunkach stałej niepewności i wzajemnego nakładania się terminów wydawania różnych projektów.

## 6. Podsumowanie

Korzyści płynące z wdrożenia techniki automatyzacji projektowania są niezaprzeczalne. Przeprowadzone badanie wykazało, że dalsze prace nad odpowiednimi metodami i narzędziami dedykowanymi projektantom branży srk są niezbędne. Należy je jednak wprowadzać w pierwszej kolejności tam, gdzie przyniosą największy zysk czasowy w stosunku do tradycyjnych metod. Należy również prowadzić dalsze badania nad metodami poprawy efektywności projektowania, w tym poddanie analizie większej próby procesów projektowania (w różnych biurach projektowych, o różnym profilu działalności, z różnym oprogramowaniem i narzędziami pracy) oraz przeprowadzenie studiów porównawczych różnych metod i narzędzi na modelu teoretycznym obiektu kolejowego.

Wiele etapów procesu projektowego udałooby się przyspieszyć poprzez szerszy rozwój narzędzi i metod automatyzacji. Realizacja tego celu wymaga jednak szerszego zaangażowania zarządców infrastruktury w standaryzację, unifikację oraz tworzenie jednolitych ram formalno-prawnych dla rozwoju nowych rozwiązań w zakresie projektowania i realizacji inwestycji.

## Bibliografia

- [1] Dąbrowa-Bajon M., Karbowski H., Grochowski K., Zasady projektowania systemów i urządzeń sterowania ruchem kolejowym, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1981.
- [2] Kochan, A., Wontorski, P., Automatyzacja procesu projektowania urządzeń sterowania ruchem kolejowym, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP, Oddział w Krakowie, nr 3(110), Kraków 2016.
- [3] Więsek, A., Badanie czasochłonności projektowania urządzeń sterowania ruchem kolejowym, praca inżynierska, Wydział Transportu PW, Warszawa 2017.
- [4] Wontorski, P., Koncepcja automatyzacji procesu projektowania urządzeń srk, praca magisterska, Wydział Transportu PW, Warszawa 2016.