

Rozdział 7

Moduł wizualizacji i raportowania

Damian Cała, Monika Fedko, Marcin Michalak, Piotr Mazik,
Tomasz Stęclik

7.1 Wstęp

W dobie ciągłego rozwoju procesów technologicznych związanych z automatyką przemysłową, pojawiała się potrzeba opracowania skutecznych sposobów nadzoru nad tymi procesami. Szybki rozwój automatyki przemysłowej wymusił konieczność tworzenia oprogramowania, którego głównym zadaniem jest kontrolowanie przebiegu procesu technologicznego. Od stworzenia przejrzystego i funkcjonalnego oprogramowania sterującego—wizualizującego zależy często bezpieczeństwo ludzi, procesów oraz obiektów technicznych. Opisane poniżej typy aplikacji nadzorujących procesy technologiczne skupiają się, przede wszystkim, na nadzorowaniu i wizualizacji zebranych w czasie tego procesu informacji.

W zakresie tworzenia systemów wizualizacji procesów można w zasadzie wyróżnić trzy podejścia: zastosowanie oprogramowanie SCADA, zastosowanie systemów GIS/CAD/FM a także stosowanie systemów indywidualnych pisanych całkowicie od podstaw. W pierwszej części rozdziału przedstawiono funkcje i wymagania stawiane różnym systemom wizualizacji. W dalszej części przedstawiono system THOR, który stał się bazą systemu DISESOR [7.4] w tym sensie, że system THOR zasila system DISESOR danymi oraz stanowi platformę wizualizacji danych, pochodzących z systemu DISESOR. Zamiennie można twierdzić, że system DISESOR, dzięki funkcjom opracowanym w ramach projektu, rozszerzył funkcjonalność systemu THOR, a zakres tego rozszerzenia w dziedzinie wizualizacji i raportowania przedstawiono w kolejnych częściach rozdziału. Sam rozdział kończy się krótkim podsumowaniem.

7.2 Wizualizacja w systemach monitorowania i dyspozytorskich

7.2.1 Systemy typu SCADA

Nazwa systemów SCADA [7.2] pochodzi od pierwszych liter angielskiego określenia — Supervisory Control and Data Acquisition. Systemy tego typu pozwalają na uzyskanie szybkiego wglądu w faktyczny stan urządzeń produkcyjnych i wykonawczych, jak również na szybką lokalizację alarmów, podstawowe logowanie danych czy też automatyczną reakcję na określone sygnały pochodzące z urządzeń. Warstwa graficzna, tworzona na podstawie zestawu predefiniowanych narzędzi, odpowiada za wizualizację dynamicznie zmieniających się informacji związanych z procesem monitorowania. Najnowsze i najnowocześniejsze wersje oprogramowania typu SCADA stawiają nacisk w głównej mierze na pełną wizualizację monitorowanych procesów oraz możliwość ingerencji w pracę monitorowanych urządzeń. Systemy typu SCADA stanowią zatem narzędzie informatyczne, dzięki któremu możliwe jest szybkie i stosunkowo proste stworzenie dedykowanego oprogramowania monitorującego. Systemy SCADA znajdują zastosowanie niemal w każdej branży przemysłu, przykładowo można tutaj wymienić przemysł energetyczny, gazowniczy, górniczy czy gospodarkę wodną.

Podstawową funkcjonalnością, występującą we wszystkich systemach SCADA, jest możliwość komunikacji programu z zewnętrznymi urządzeniami sterującymi np. sterownikami PLC, regulatorami mikroprocesorowymi i innymi urządzeniami tzw. centralnej części komputerowego systemu automatyki różnych producentów. Do głównych wymagań stawianych nowoczesnym systemom typu SCADA możemy zaliczyć:

- komunikację z aparaturą sterującą i stacjami operatorskimi,
- przetwarzanie zmiennych procesowych,
- oddziaływanie na proces (sterowanie, regulacja),
- kontrolę procesu i sygnalizację alarmów,
- raportowanie i archiwizację danych,
- wizualizację graficzną przebiegu procesu na schematach, wykresach, itp.,
- konfigurowanie struktur algorytmicznych i obrazów synoptycznych,
- wymianę danych z innymi systemami poprzez sieci FAN, LAN, WAN itd.

7.2.2 Systemy typu GIS

Nazwa systemów GIS [7.1] pochodzi od pierwszych liter angielskiego określenia — Geographic Information System. Systemy Informacji Geograficznej są systemami informatycznymi służącymi do wprowadzania, gromadzenia, przetwarzania oraz wizualizacji danych geograficznych, których jedną z zasadniczych funkcji jest wspomaganie procesu decyzyjnego.

Systemy te, na tle innych systemów informatycznych, charakteryzują się występowaniem w nich informacji przestrzennej czyli informacji o położeniu (współrzędne w przyjętym układzie odniesienia), własnościach geometrycznych, relacjach przestrzennych obiektów, które są przedmiotem zainteresowania systemu i które mogą być identyfikowane w odniesieniu do pewnego układu współrzędnych.

Systemy GIS znalazły zastosowanie w wizualizacji procesów przebiegających w skali makro. Ten obszar zastosowań związany jest z technologią zwaną Automated Mapping/Facilities Management, czyli w skrócie AM/FM.

Każdy system GIS ma pewne cechy wspólne, niezależnie od producenta i zastosowań. Zapis części graficznej mapy posiada zazwyczaj następujące cechy:

- zachowuje ciągłość obszaru,
- umożliwia podział obrazu na warstwy,
- dane graficzne zapisane są wektorowo, rastrowo lub łącznie,
- posługuje się lokalnymi lub globalnymi współrzędnymi terenowymi,
- jest niezależny — w sensie matematycznym — od skali danych wejściowych.

Systemy GIS posiadają następujące funkcje:

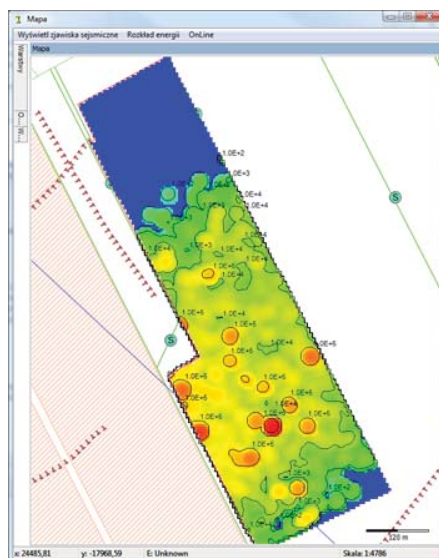
- prezentacja mapy w dowolnej skali,
- możliwość nakładania na siebie dowolnej liczby warstw,
- tworzenie mapy z podstawowych figur geometrycznych: punkt, łamana, obszar zamknięty,
- dołączanie do narysowanego elementu graficznego dowolnej informacji opisowej,
- prezentacja danych opisowych z bazy danych dotyczących dowolnego obiektu,
- uzyskiwanie danych opisowych po wskazaniu obiektu na mapie i na odwrót,
- prezentacja informacji bazodanowych jako etykiety obiektów,
- możliwość zmiany (również w trybie kontekstowym) wartości atrybutów prezentacji warstwy (kolor, grubość linii, typ linii, czcionka), itp.
- edycja danych graficznych oraz opisowych.

Źródeł danych wejściowych dla systemów GIS może być wiele, a ich pozyskiwanie może odbywać się na wiele sposobów, wśród najczęściej stosowanych należy wymienić: zdjęcia satelitarne, zdjęcia lotnicze, naziemne pomiary geodezyjne, mapy topograficzne i wiele innych.

Podstawową metodą wizualizacji w systemach GIS jest prezentacja map (rys. 7.1). Ich cechą szczególną to ściśle powiązanie obrazu graficznego z danymi numerycznymi. Do każdego punktu, linii czy powierzchni na mapie przypisany jest jeden lub więcej atrybutów (cech) w bazie danych. W praktyce oznacza to, że jakakolwiek zmiana danych w tabeli powoduje jednoczesną zmianę na mapie. GIS przyczynił się do powstania map interaktywnych. Dają one użytkownikowi liczne możliwości, m. in. wybieranie treści widocznych na mapie (poprzez włączanie lub wyłączanie poszczególnych warstw), oglądanie mapy pod dowolnym powiększeniem, modyfikowanie wyglądu elementów mapy (zmiany kolorów, grubości linii, czcionek itp.), czy też wyszukiwanie interesujących nas obiektów (miejscowości, budynków, ulic).

7.2.3 Systemy typu CAD/FM

Nazwa systemów CAD pochodzi od pierwszych liter angielskiego określenia — Computer Aided Design. Systemy CAD [7.7] znajdują zastosowanie we wspomaganiu prac projektowych, poprzez wykorzystanie technologii komputerowej w projektowaniu obiektów rzeczywistych i wirtualnych.



Rys. 7.1. Przykład dwuwymiarowej mapy wyrobiska górniczego z naniesioną energią wstrząsów sejsmicznych

Metodykę CAD stosuje się między innymi w inżynierii mechanicznej, elektrycznej i budowlanej. Znamienne dla CAD jest cyfrowe modelowanie geometryczne mające na celu opracowanie zapisu konstrukcji wyrobu (obiektu technicznego lub układu obiektów technicznych).

Do głównych zadań systemu CAD należy odpowiednie opracowanie dokumentacji projektowej bazującej na stworzonym modelu dwu- lub trójwymiarowym oraz przygotowywanie odpowiedniej prezentacji tworzonego obiektu w celu jego demonstracji potencjalnym odbiorcom. W oprogramowaniu CAD utworzony cyfrowy model obiektu (wraz z wartościami przypisanych mu atrybutów) jest podstawą m.in. do:

- wygenerowania dokumentacji technicznej,
- cyfrowego prototypowania (np. w celu analizy możliwości montażu, analizy dynamiki elementów i zespołów etc.),
- obliczeń wytrzymałościowych,
- wykonania dokumentacji niezbędnej do przeprowadzenia procesu wytworzenia obiektu,
- wizualizacji obiektu (np. 2D, 3D, transformacje).

Szczególną grupą systemów CAD są systemy CAD FM, które podobnie jak GIS FM służą do zarządzania infrastrukturą techniczną i przeznaczone są głównie do utrzymywania oraz kontroli sieci przewodowej i rurowej (telefony, kable, rurociągi, taśmociągi). Programy te nadają się również do zadań związanych z kontrolą ruchu (pociągi, samoloty, samochody).

Podobnie jak w systemach GIS, źródłem danych dla stworzenia cyfrowego odwzorowania obiektu mogą być specjalizowane skanery. W systemach CAD, podobnie jak w systemach GIS, każdy obiekt składa się z reprezentacji graficznej (choć tutaj nie operujemy współrzędnymi geograficznymi, a jedynie współrzędnymi lokalnymi) oraz wartości atrybutów charakterystycznych. Baza danych systemów CAD składa się — również podobnie jak w przypadku GIS — z danych związanych z graficzną reprezentacją i położeniem obiektu na mapie oraz danych przechowujących informacje o atrybutach/własnościach obiektów. W tym drugim przypadku jest to po prostu baza danych o standardowej strukturze.

7.3 System monitorowania THOR

System THOR [7.3] jest kompleksowym rozwiązaniem przeznaczonym dla obiektów technicznych i zakładów przemysłowych takich jak kopalnie, kotłownie, przedsiębiorstwa przemysłowe itp. Generalnie ten system może być zastosowany wszędzie tam, gdzie ważne są rejestracja oraz wizualizacja danych parametrów środowiska, archiwizacja oraz raportowanie ułatwiający analizę zagrożeń występujących na monitorowanym obiekcie.

System THOR dzięki zastosowaniu dynamicznie dołączanych i dedykowanych sterowników (tzw. driverów), może rozpocząć komunikację z dowolnym nowym urządzeniem bez konieczności wyłączenia i rekonfiguracji całości systemu. Podłączanie nowego urządzenia ogranicza się do przygotowania odpowiedniego sterownika, który zapewnia komunikację z urządzeniem i właściwą rejestrację danych w systemie. Dane gromadzone w bazie zapisywane są z cyklem określonym przez możliwości podłączanych urządzeń. Ich zapis jest realizowany poprzez dedykowany sterownik, jednak założenie dla omawianego systemu określa cykl zapisu nie częściej niż jedna sekunda.

Aplikacje wchodzące w skład systemu zapewniają możliwość konfiguracji, sterowania oraz wizualizacji w postaci map obiektowych lub definiowalnych plansz pomiarowych. Dzięki nim możliwe jest ciągłe monitorowanie stanu pomiarów, alarmowanie stanów niebezpiecznych, dostęp do archiwum danych pomiarowych i tworzeniu dokumentacji w postaci raportów.

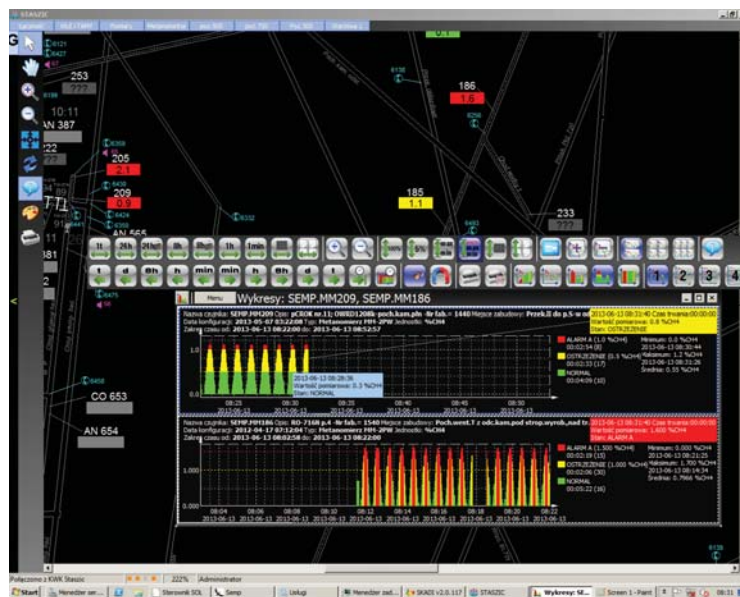
Na chwilę obecną system THOR posiada możliwość pozyskiwania danych z takich systemów pomiarowych jak SMP/NT [7.5] (metanometria), Zefir (system dyspozytorski), Smok (monitorowanie maszyn) i wielu innych.

Na rysunku 7.2 przedstawiono zrzut ekranu, ukazujący fragment systemu wentylacji w kopalni Staszic. Z kolei rysunek 7.3 przedstawia inny fragment tej kopalni z naniesionymi dodatkowo wykresami zmian stężenia metanu, rejestrowanego przez dwa metanomierze.

Komunikacja pomiędzy systemami THOR i DISESOR przebiega dwukierunkowo, jednak w każdym z kierunków odbywa się to w inny sposób. Przepływ danych ze strony systemu THOR polega na zapisywaniu ich do wewnętrznego repozytorium systemu DISESOR. Przepływ tych danych odbywa się w z wykorzystaniem opracowanych procesów ETL. Z kolei w drugą stronę wygląda to tak,

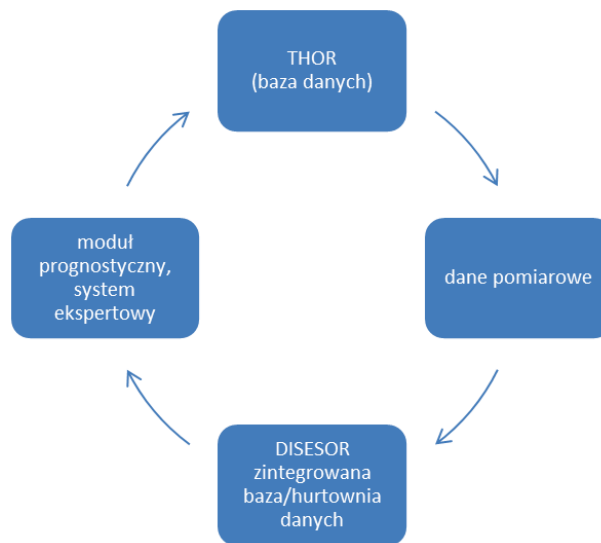


Rys. 7.2. Schemat fragmentu systemu wentylacji na kopalni Staszic



Rys. 7.3. Wizualizacja zmian stężenia metanu w dwóch miejscach, na tle fragmentu mapy kopalni Staszic

że THOR traktuje system DISESOR jako kolejny system monitorowania, który jest źródłem danych, generowanych przez moduł prognostyczny lub system ekspertowy (wirtualne pomiary np. wartości prognoz lub rekomendacje systemu ekspertowego). Schemat komunikacji pomiędzy oboma systemami przedstawiony jest na rysunku 7.4.



Rys. 7.4. Schemat przepływu danych pomiędzy systemami THOR i DISESOR

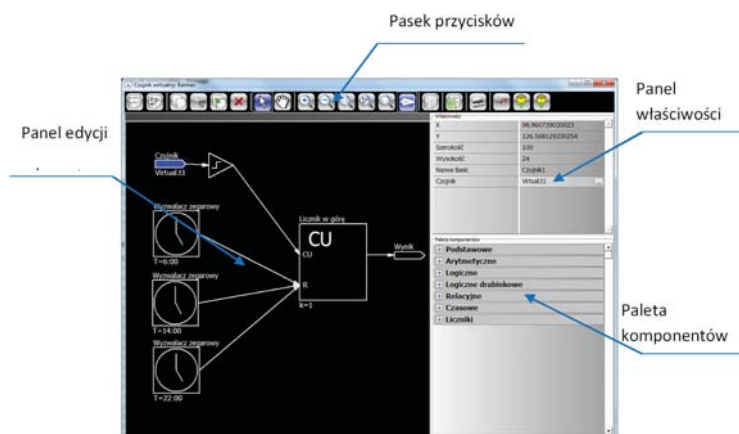
7.4 DISESOR — nowe możliwości wizualizacji i raportowania

Zasadniczym kierunkiem rozwoju funkcjonalności systemu THOR w ramach projektu DISESOR, było rozbudowanie możliwości wizualizacji i sposobu komunikacji systemu z użytkownikiem. Cel ten został osiągnięty przez wprowadzenie dwóch elementów do systemu: czujników wirtualnych a następnie, na ich podstawie, za pomocą realizacji koncepcji kontekstowej wizualizacji. Przez kontekstową wizualizację rozumie się wizualizację (zestaw map i pomiarów), wyzwalaną określonym zdarzeniem. Dodatkowo stworzono też rozbudowany system raportowania, dedykowany dla danych przechowywanych w systemie DISESOR. System THOR posiada własny moduł raportujący, ale działa on jedynie na danych gromadzonych w bazie danych tego systemu. Każdy z wymienionych elementów został opisany w dalszej części rozdziału.

7.4.1 Czujniki wirtualne

Zasadniczo w systemach monitorowania prezentuje się wartości bieżące (lub też i historyczne) zmiennych pomiarowych, które to wartości są mierzone bezpośrednio w określonych miejscach w kopalni, za pomocą dedykowanych urządzeń. Czasem jednak zachodzi potrzeba prezentowania również takich zmiennych, które nie odnoszą się wprost do wartości mierzalnego czynnika. Przykładem takiej zmiennej może być dowolna ocena stanu bezpieczeństwa prowadzenia robót, jak choćby ocena zagrożenia metanowego czy też stan diagnostyczny maszyny/urządzenia. Jakkolwiek zagrożenie metanowe posiada pewną swoją skalę i może być traktowane jako zmienna, nie można jednak uznać go za pewien rzeczywisty czujnik powiązany z czynnikiem, lecz bardziej za grupę czujników i przetworzonymi odpowiednio danymi, pochodzącymi z tej grupy czujników. Dlatego właśnie wprowadzono pojęcie czujnika wirtualnego.

Czujniki wirtualne są źródłem pomiarów wirtualnych, zależnych od wskazań innych czujników (zarówno wirtualnych jak i rzeczywistych). Czujniki wirtualne programowane mogą być na jeden z trzech sposobów: metodą graficzną, metodą skryptową oraz poprzez zastosowanie pewnych predefiniowanych szablonów. Opracowany język programowania obejmuje szereg funkcji (matematycznych, logicznych etc.), słów kluczowych i wyrażeń (np. pętli) podobnych w pewnym stopniu do składni języka Pascal, przy czym programowanie czujnika odbywa się w obrębie systemu THOR. Argumentami wejściowymi dla czujników wirtualnych mogą być wyniki realizacji złożonych wyrażeń (w tym wyniki działania modułu systemu ekspertowego), wyjścia innych czujników wirtualnych, rzeczywiste lub prognozowane (moduł prognostyczny, opisany w rozdziale 4) pomiary lub dane/informacje wprowadzane przez użytkownika. Okno modułu definiowania i graficznej konfiguracji zaprezentowano na rysunku 7.5.



Rys. 7.5. Graficzna konfiguracja czujnika wirtualnego

Na planszy konfiguracyjnej (czarny obszar na formularzu) można rozmieścić kilka czujników (rzeczywistych bądź wirtualnych) i połączyć ich wejścia/wyjścia za pomocą zestawu pewnych funkcji (Paleta komponentów). W zależności od konfiguracji wyniki działania czujnika wirtualnego mogą wpływać na inne czujniki i/lub funkcje systemu, w tym inicjalizację zestawu plansz wizualizacyjnych i wykresów.

7.4.2 Kontekstowa wizualizacja

Przez kontekstową wizualizację będziemy rozumieli otwieranie zestawu map (w ustalonym układzie i konfiguracji) wyzwalane zajściem jakiegoś predefiniowanego zdarzenia. W najprostszym przypadku zdarzenie to może polegać na przekroczeniu wartości granicznej przez wskazany czujnik. W przypadkach zaawansowanych może wiązać się ze spełnieniem skomplikowanych warunków zdefiniowanych w logice czujnika wirtualnego.

Zdarzenia mogą być wyzwalane przez program czujnika wirtualnego. Ważne jest to, że w programie czujnika wirtualnego można zawrzeć również wyniki obliczeń będących rezultatem modułu systemu ekspertowego lub modułu prognostycznego systemu DISESOR.

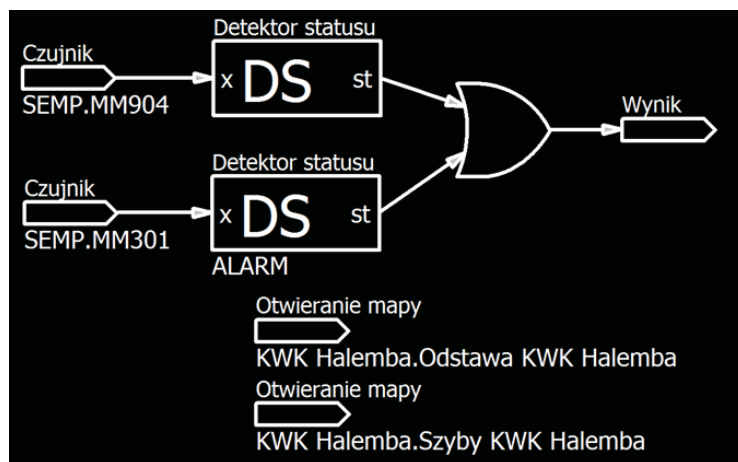
Mapy i wykresy otwierają się w ustalonym układzie (m.in. rozmieszczenie na monitorze) i konfiguracji (m.in. zakres prezentowanych danych). W systemie DISESOR możliwe jest uruchamianie kontekstowej wizualizacji pod wpływem następujących zdarzeń:

- pojawienia się określonej wartości mierzonej na czujniku (również czujniku wirtualnym),
- pojawienia się określonego stanu na czujniku (np. stanu alarmu lub awarii),
- pojawienia się określonej kombinacji lub sekwencji stanów lub wartości na grupie czujników,
- utrzymywania się określonej kombinacji stanów lub wartości przez zdefiniowany czas.

Na rysunku 7.6 zaprezentowano schemat zdarzeń (program) dla czujnika wirtualnego uruchamiającego dwie mapy (Odstawa KWK Halemba oraz Szyby KWK Halemba) po wykryciu stanu alarmowego na którymkolwiek z dwóch rzeczywistych czujników (metanomierze oznaczone jako MM904, MM301).

Poza standardowymi planszami wizualizacyjnymi, zdefiniowanymi w systemie THOR w ramach wizualizacji kontekstowej, możliwe jest również automatyczne otwarcie wykresu wskazań danego czujnika, obejmujących pewien predefiniowany okres (np. ostatnie 30 sekund – rys. 7.7). Wizualizacja kontekstowa umożliwiła prezentowanie jedynie tych plansz i wykresów, które obrazują zajście jakichś sytuacji niepożądanych.

Można sobie wyobrazić sytuację, w której obserwuje się pustą tablicę synoptyczną, a plansze i mapy prezentowane są jedynie po aktywacji programu wirtualnego czujnika.



Rys. 7.6. Schemat programu dla czujnika wirtualnego uruchamiającego dwie plansze wizualizacyjne



Rys. 7.7. Przykład wykresu, który może być dołączany do zestawu plansz wizualizacji kontekstowej

7.5 Moduł raportowania w systemie DISESOR

Moduł raportowania, opracowany w ramach projektu, składa się z kilku elementów funkcjonalnych, pozwalających na generowanie raportów zgodnych z oczekiwaniami i wymaganiami użytkownika końcowego. Moduł ten zajmuje się jedynie przetwarzaniem tych danych, które znajdują się w obrębie dostępnej w systemie hurtowni danych. Nie przewiduje się raportowania w oparciu o surowe dane, znajdujące się w zewnętrznych systemach monitorowania i systemach dyspozytorskich.

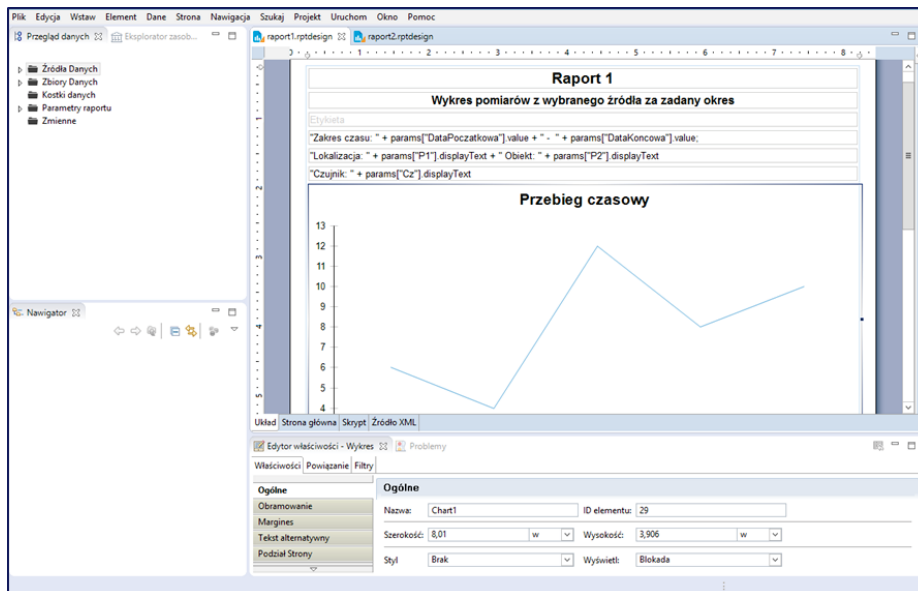
Moduł został opracowany w oparciu o platformę BIRT [7.6]. Poza pracami czysto programistycznymi, mającymi na celu budowę modułu, równolegle

prowadzono prace mające na celu spolszczenie platformy BIRT, gdyż wersja dostarczana przez producenta zawierała około 20% nieprzetłumaczonych tekstów.

Elementami składowymi modułu raportowania są następujące elementy:

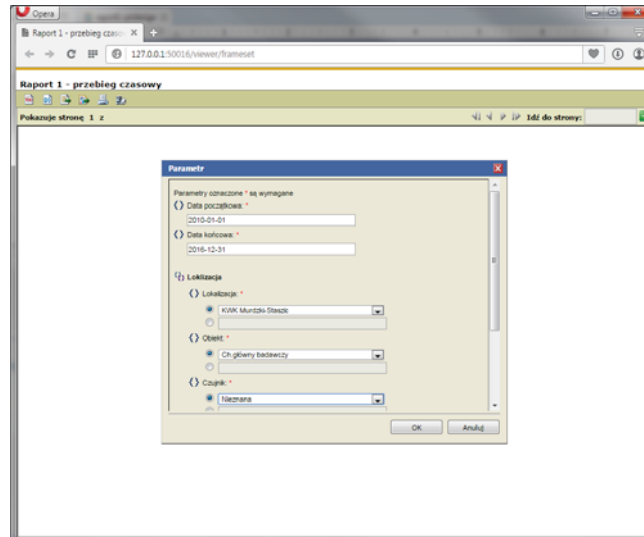
- moduł rozszerzający oprogramowanie RapidMiner, pozwalający na zarządzanie raportami,
- edytor raportów,
- przeglądarka raportów.

W module edytora raportów użytkownik może samodzielnie przygotowywać i edytować raporty zgodnie ze swoimi potrzebami. Przygotowano także zestaw predefiniowanych szablonów raportów (rys. 7.8), które umożliwiają prezentację danych zawartych w hurtowni systemu DISESOR.

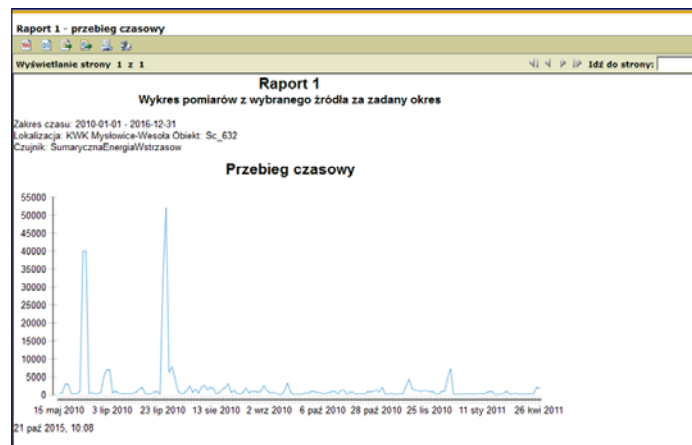


Rys. 7.8. BIRT Report Designer – wersja przygotowana w ramach realizacji projektu

Poniżej zaprezentowano szablon jednego z raportów (rys. 7.9) i efekt w postaci raportu wygenerowanego w oparciu o ten szablon (rys. 7.10).



Rys. 7.9. Formularz konfiguracyjny raportu prezentującego szereg czasowy pomiarów dla danego czujnika



Rys. 7.10. Widok raportu prezentującego szereg czasowy pomiarów dla danego czujnika

7.6 Podsumowanie

W rozdziale zaprezentowano wyniki realizacji systemu DISESOR w zakresie rozszerzania możliwości wizualizacji procesów przemysłowych i udostępniania zaawansowanych narzędzi raportowania. Na szczególną uwagę zasługuje koncepcja interaktywnej wizualizacji, polegająca na przedstawianiu użytkownikowi zbiorczej informacji na temat stanu kopalni, na skutek osiągnięcia przez pewne wskaźniki określonych wartości.

Wizualizacja kontekstowa była możliwa dzięki opracowaniu rozbudowanego mechanizmu definiowania i programowania tak zwanych wirtualnych czujników — rozwiązania jak dotąd nie stosowanego tak szeroko w górnictwie węgla kamiennego. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest definiowanie bardziej złożonych wielkości pomiarowych i postępowanie z nimi w taki sam sposób jak z typowymi czujnikami.

Zastosowanie czujników wirtualnych w połączeniu z kontekstową wizualizacją zmienia w znaczący sposób prezentowanie bieżących okoliczności zdarzeń uważanych za niepożądane (wzrost stężenia metanu w powietrzu, temperatury otoczenia itp.).

Literatura

- [7.1] P. Bolstad. *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*. XanEdu Publishing Inc, 2012.
- [7.2] S. Boyer. *Scada: Supervisory Control And Data Acquisition*. ISA: The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2009.
- [7.3] A. Dylong. System dyspozytorski THOR — nowa jakość w zakresie wizualizacji pracy i bezpieczeństwa zakładu górnictwa. *Szkola Eksploatacji Podziemnej*, s. 67–74, 2013.
- [7.4] M. Kozielski, M. Sikora, Ł. Wróbel. Decision support and maintenance system for natural hazards, processes and equipment monitoring. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 18(2):218, 2016.
- [7.5] Z. Krzystanek, A. Dylong, P. Wojtas. Monitorowanie parametrów środowiska w kopalni — system SMP–NT. *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa*, (9), 2004.
- [7.6] D. Peh, N. Hague, J. Tatchell. *BIRT: A Field Guide (3rd Edition)*. Addison–Wesley Professional, 2011.
- [7.7] A. Pikoń. *AutoCAD 2014 PL*. Helion, 2015.

