



Visual Basic jako narzędzie monitorowania i analizy pracy maszyn

Marek KĘSEK¹⁾

²⁾ dr hab. inż.; AGH w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii; email: kesek@agh.edu.pl

DOI: 10.29227/LM-2017-02-21

Streszczenie

W artykule przybliżono możliwości wykorzystania języka Visual Basic do analizy danych pochodzących z procesu produkcyjnego. Przedstawiono przykładowy program napisany w tym języku oraz omówiono jego funkcjonalność. W programie zawarto rozwiązania, które pozwalają monitorować i analizować część procesu produkcyjnego związaną z urabianiem węgla kamiennego. Artykuł prezentuje szereg koncepcji wykorzystania surowych danych pochodzących z czujników maszyny do uzyskiwania informacji, które mogą być przydatne w analizie jej pracy.

Słowa kluczowe: Visual Basic, analiza pracy maszyny, bazy danych, stopień wykorzystania maszyn, dane, informacja

Wprowadzenie

Zarządzanie produkcją w kopalniach jest nieustającym procesem decyzyjnym, w którym stale zachodzi potrzeba rozwiązywania pojawiających się problemów. Wynika to głównie ze specyfiki przemysłu i problemów, jakie występują w przedsiębiorstwach górniczych. Ograniczone zasoby, zmienne warunki geologiczno-górnictwa, bardzo długi okres inwestycyjny czy nieprzewidywalność zdarzeń, to tylko niektóre z czynników, jakie mogą mieć ogromny wpływ na przebieg procesu produkcyjnego. Wszystkie te czynniki powinny mieć odzwierciedlenie w systemach komputerowych wykorzystywanych do wspomagania zarządzania procesem produkcyjnym w przedsiębiorstwach.

Precyzyjna wiedza o przebiegu procesu produkcyjnego jest jednym z najistotniejszych czynników tworzących przewagę konkurencyjną przedsiębiorstwa. Odpowiednie jej wykorzystanie skutkuje obniżaniem kosztów produkcji, zwiększeniem współczynnika wykorzystania maszyn, skróceniem czasu cykli produkcyjnych, oszczędnościami wynikającymi z możliwości przewidzenia awarii, możliwością przyjęcia właściwej strategii remontowej i wieloma innymi działaniami, których bez dogłębnej znajomości obserwowanego i modelowego procesu produkcyjnego nie można osiągnąć. Wiedza ta może pochodzić z różnych źródeł, w których wyróżnić można dwie główne grupy. Jest to wiedza nabywana z podręczników i w wyniku studiów literaturowych, oraz wiedza, która pochodzi z analizy procesu produkcyjnego, a której istnienia nie jesteśmy świadomi – może przejawiać się w związkach pomiędzy różnymi parametrami procesu produkcyjnego, które intuicyjnie wykorzystują pracownicy z dużym doświadczeniem, nabywanym z czasem i przekazywanym przez pokolenia. W literaturze ten podział wiedzy definiuje się poprzez określenia „wiedza jawna” i „wie-

dzia niejawna”. Drogą do odkrywania wiedzy niejawnej jest zestawianie ze sobą różnych informacji pochodzących z procesu produkcyjnego i szukanie wśród nich zależności. Z kolei informacja jest pochodną danych gromadzonych w bazach danych, a pochodzących z czujników urządzeń produkcyjnych. Tworzy się zatem swoisty łańcuch pojęć:

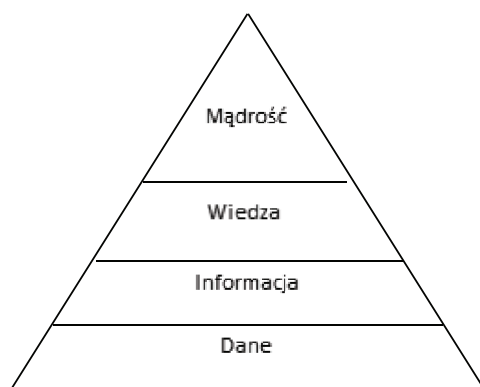
- dane, czyli fakty prezentowane w postaci liczb lub symboli,
- informacje, czyli zinterpretowane dane,
- wiedza, czyli ogół wiarygodnych informacji o rzeczywistości, wraz z umiejętnościami ich wykorzystywania [1].

Jennifer Rowley, twórca piramidy DIKW (data, information, knowledge, wisdom), znaną również jako trójkąt niematerialnych zasobów organizacji (rys. 1), do powyższego łańcucha dodaje jeszcze czwarty element. Elementem tym jest mądrość, którą organizacja posiada, jeżeli odpowiednio korzysta z dostępnej wiedzy.

Duże zróżnicowanie warunków geologiczno-górnictwa występujących w górnictwie węgla kamiennego, powoduje trudności w przewidywaniu efektów produkcyjnych. Uzasadnione zatem jest poszukiwanie reguł, które można stosować do precyzyjniejszego ich przewidywania.

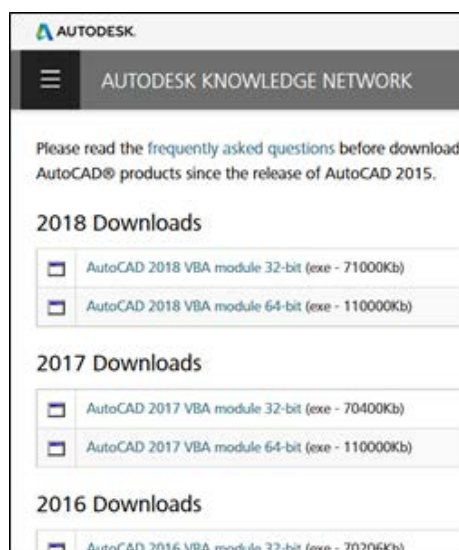
Monitorowanie przebiegu produkcji górniczej, z uwagi na jej złożoność wymaga danych przetworzonych w informacje. Elementy systemu komputerowego realizujące agregowanie pojedynczych danych powinny pozwalać na obserwowanie parametrów produkcji w różnych przekrojach, dostarczać informacji w ujęciu czasowym lub związanym z miejscem. Poszerzona analiza tych informacji pozwala na określenie kierunków działań poprawiających efektywność produkcji.

Zastosowanie odpowiedniego oprogramowania analizującego dane, pozwala nie tylko na monitorowa-



Rys. 1. Trójkąt niematerialnych zasobów organizacji [Źródło: 10]

Fig. 1. DIKW pyramid [Source: 10]



Rys. 2. Pobieranie modułu VBA dla programu AutoCad [Źródło: 13]

Fig. 2. Download the Microsoft visual basic for applications module [Source: 13]

Results		Messages	
	id	dtime	value
	7794	1 2013-04-02 11:56:16.2270000	31
	7795	2 2013-04-02 11:56:16.2270000	36
	7796	3 2013-04-02 11:56:17.2400000	39
	7797	4 2013-04-02 11:56:17.2400000	29
	7798	2 2013-04-02 11:56:17.2400000	40
	7799	3 2013-04-02 11:56:18.2370000	31
	7800	2 2013-04-02 11:56:18.2370000	37
	7801	3 2013-04-02 11:56:19.2470000	34
	7802	3 2013-04-02 11:56:20.2530000	36
	7803	2 2013-04-02 11:56:20.2530000	36
	7804	3 2013-04-02 11:56:21.2600000	35

Rys. 3. Przykładowy fragment analizowanych danych [Źródło: opracowanie własne]

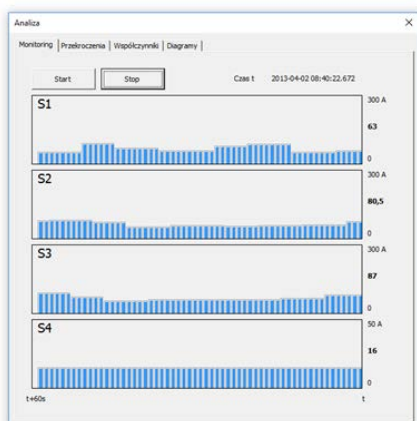
Fig. 3. Sample of analyzed data [Source: own]

nie przebiegu produkcji, ale także na analizę wcześniej zapisanych danych pozwalającą na korektę procedur obsługi urządzeń, wskazanie powodów awarii, obliczanie wskaźników wykorzystania maszyn, określania efektywnego czasu ich wykorzystywania i innych parametrów procesu produkcyjnego.

Obserwowany w ostatnich latach rozwój środowisk programistycznych wspomagających łatwe tworzenie aplikacji pozwala projektować i programować narzędzia monitorujące proces produkcyjny. Jednym z takich środowisk jest Visual Basic, którego przykład wykorzystania zostanie zaprezentowany w dalszej części artykułu. Systemy monitorujące pracę maszyn są często dostarczane przez ich producentów, jednak istnieje często kłopot z ich integracją z systemami pracującymi w danym przedsiębiorstwie oraz często też nie spełniają szeregu funkcji raportujących ograniczając się do rejestrowania parametrów pracy maszyny. Zatem pośrednią rolę pomiędzy tymi systemami mogą czasowo pełnić programy tworzone przez inżynierów kon-

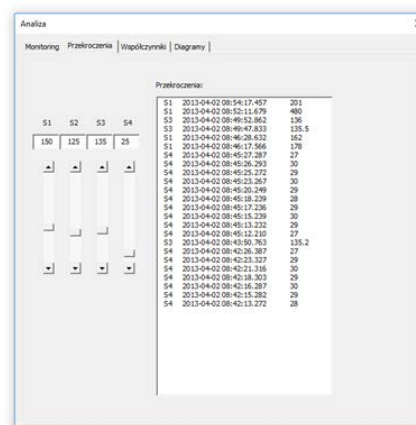
trolujących proces produkcyjny. Z czasem funkcjonalność tych programów może być włączona do systemu pracującego w przedsiębiorstwie, jednak to kadra inżynierska wie najlepiej jakiego rodzaju informacje są jej najbardziej przydatne.

W Katedrze Ekonomiki i Zarządzania w Przemysle na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej prowadzone są prace badawcze zmierzające do opracowania koncepcji oraz realizacji systemu wspomagania decyzji opartego na systemie ekspertowym, którego baza wiedzy zasilana jest poprzez reguły wnioskowania pozyskiwane w wyniku działania zaawansowanych algorytmów analizowania danych o procesie produkcyjnym. Szerzej wyniki prowadzonych badań przedstawione są w pracach [2, 3, 4, 9, 11, 12]. Jedną z funkcji tego systemu jest monitorowanie procesu produkcyjnego. W pracy [8] zawarto koncepcję wizualizacji procesu produkcyjnego. Dalsze poszukiwania optymalnych rozwiązań dla systemów wizualizacji wykorzystują również możliwości dostar-



Rys. 4. Okno programu z częścią realizującą monitoring
[Źródło: opracowanie własne]

Fig. 4. Program window with monitoring part [Source: own]



Rys. 5. Okno programu z częścią rejestrującą przekroczenia
[Źródło: opracowanie własne]

Fig. 5. Program window with part of the record of overruns [Source: own]

czanie przez środowisko LabView [7] oraz Visual Basic [6].

Wykorzystane narzędzia informatyczne.

Przedstawiony w niniejszym artykule moduł systemu został napisany w języku Visual Basic. Wykorzystuje on jednak także język zapytań SQL. Koncepcja budowy modułu zakładała wykorzystanie języka z kategorii RAD (Rapid Application Development), która pozwala na tworzenie aplikacji przy znacznie ograniczonych zasobach czasowych i ludzkich.

Visual Basic for Application wchodzący w skład środowiska programistycznego Microsoft Visual Studio jest równocześnie narzędziem pakietu Microsoft Office i stanowi jeden z najpopularniejszych języków programowania wysokiego poziomu na świecie. Powodzenie tego języka wśród programistów warunkuje jego łatwość, przejrzystość oraz elastyczność przy jednoczesnej szerokiej gamie możliwości. Dlatego znajduje on zastosowania zarówno wśród ludzi o wysokich umiejętnościach programowania jak i wśród osób początkujących. Zalety tego języka zauważyła również firma AutoDesk – producent oprogramowania wspomagającego projektowanie inżynierskie. Do swojego najważniejszego produktu jakim jest AutoCad, od wersji z roku 2015 dostarcza moduł pozwalający na wykorzystywanie języka Visual Basic w pracy z tym programem (rys2). Zalety tego języka są dostrzegane przez pracodawców z szeroko rozumianego przemysłu oraz sektora bankowego, którzy jego znajomość często wymieniają w kryteriach jakie powinni spełniać kandydaci na pracowników.

Programowanie w języku Visual Basic należy do programowania zdarzeniowego. Oznacza to, że kod programu jest wywoływany w wyniku nastąpienia jakiegoś zdarzenia np. wciśnięcie klawisza, naciśnięcie przycisku, wybór z listy itp. Zdarzenie takie uruchamia

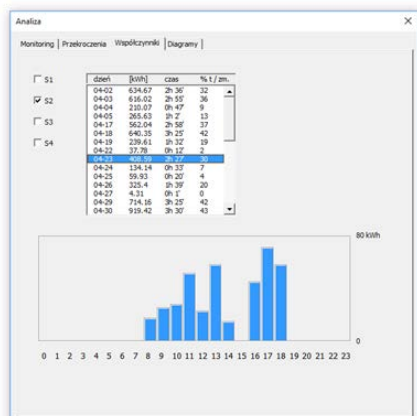
obsługującą go procedurę, po czym następuje powrót do oczekiwania na kolejne zdarzenie inicjujące [5]. Język ten jest językiem strukturalnym o przetwarzaniu sekwencyjnym, w którym wyodrębnione struktury obejmują stałe zmienne, tablice, funkcje, podprogramy, operacje warunkowe czy pętle.

W prezentowanym przykładzie, Visual Basic został wykorzystany do skonstruowania interfejsu użytkownika, który spełnia pięć głównych funkcji:

- odebranie od użytkownika rodzaju i parametrów obliczeń,
- łączenie z bazą danych,
- wywołanie obliczeń,
- odebranie wyników od bazy danych,
- prezentacja wyników.

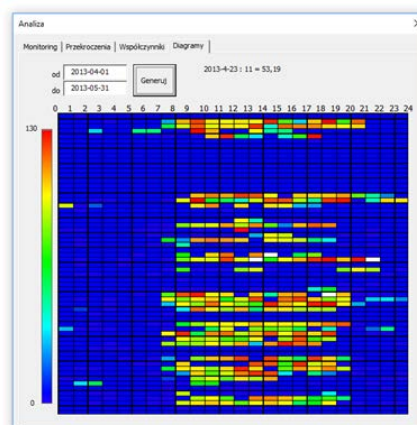
Pierwsza z tych funkcji sprowadza się do takiego zaprojektowania układu formantów (pól wejścia i wyjścia, przycisków, suwaków itp.), aby użytkownik mógł intuicyjnie wybierać stosowne parametry oraz rodzaj obliczeń i/lub prezentacji. Zasadnicza część obliczeniowa realizowana jest w serwerze bazy danych. Język Visual Basic po dołączeniu odpowiednich bibliotek ma możliwość łączenia się z bazami danych typu MSSQL i wydawania do nich zapytań. Odebrane odpowiedzi od bazy danych są następnie za pomocą odpowiednich procedur wizualizowane w programie.

Jak już wspomniano, obliczenia w programie realizowane są przez silnik bazy danych. Dane przechowywane w bazie opisywały zmiany natężeń prądów zasilających cztery silniki realizujące pracę głowicy urabiająco ładującej. Przykładowy fragment analizowanych danych przedstawiono na rys. 3. Liczba danych zgromadzonych w bazie przekraczała 500 tys. rekordów. Analiza tak dużych ilości danych jest praktycznie niemożliwa w inny sposób niż za pomocą baz danych. Dopiero odpowiednia agregacja danych umożliwia uzyskanie poszukiwanej informacji. Mimo że liczba



Rys. 6. Okno programu z częścią prezentującą obliczone współczynniki [Źródło: opracowanie własne]

Fig. 6. Program window with a section showing the calculated coefficients [Source: own]



Rys. 7. Diagram zużycia energii przez silnik maszyny [Źródło: opracowanie własne]

Fig. 7. Diagram of energy consumption by the machine motor [Source: own]

danych uprawnia do przypisywania problemu do kategorii Big Data, to średniej jakości komputer PC wykonuje obliczenia w czasie nieprzekraczającym 5 sekund.

W pierwszej kolumnie tabeli danych znajduje się numer silnika (id), w drugiej czas określający moment pomiaru (dtime), a w trzeciej wartość natężenia prądu pobieranego przez silnik (value). Silniki o numerach 1 oraz 2 to silniki napędzające mechanizm posuwu głowicy, silnik nr 3 odpowiada za napęd wciągarki, a silnik nr 4 napędza organy urabiające głowicy. Dane dotyczą okresu dwóch miesięcy eksploatacji i zawierają zmiany wartości natężenia prądów silników wraz z dokładnym czasem zarejestrowanej zmiany. Oznacza to, że jeżeli wartość prądu przez jakiś czas nie zmieniała się (np. wynosiła zero) to nie ma z tego okresu zapisów.

Monitorowanie i analiza procesu produkcyjnego za pomocą przykładowego modułu

Opracowany program analizujący opisane wcześniej dane, realizuje cztery funkcjonalności reprezentowane przez cztery zakładki głównego okna programu. Pierwsza z nich to zakładka „Monitoring” (rys. 4.)

W tej części programu użytkownik ma możliwość obserwacji wartości natężenia prądu płynącego przez każdy z czterech silników maszyny. Kontrola tych wartości pozwala na wnioskowanie co do aktualnego stanu maszyny. Łatwo można odróżnić postój od stanu urabiania, jazdy kombajnu bez urabiania itp. Dużą zaletą tej części programu jest możliwość odtwarzania w ten sposób danych archiwalnych pochodzących z bazy danych. Umożliwia to analizę poprawności korzystania z maszyny, a w szczególności dochodzenia do przyczyn ewentualnych awarii.

Druga z przedstawianych funkcjonalności polega na rejestracji czasów wystąpienia zjawisk niekorzystnych. W tym przypadku są to sytuacje w których natę-

żenie prądu zasilającego dany silnik przekracza zadaną przez użytkownika wartość (rys. 5). Za zjawiska niekorzystne można oczywiście uznawać również sytuacje w których maszyna nie pracuje z powodów innych niż technologiczne.

Ponieważ rejestrowane przekroczenia przypisane są do daty i precyzyjnie zarejestrowanego czasu, możliwe jest zestawienie ich z innymi zjawiskami rejestrowanymi w bazie danych. Istotna jest także możliwość przeprowadzania analiz ilościowych, które prowadzić mogą do wychwycenia regularności. Regularności te mogą wskazywać na zmiany w otoczeniu (przerosty, urabialność, itp.) ale również na wpływ załogi na pracę maszyny.

Trzecia zakładka programu (Rys. 6) pozwala na uzyskiwanie zagregowanych wskaźników procesu. W tym przypadku, użytkownik ma możliwość uzyskania informacji o zużyciu energii, łącznym czasie pracy danego silnika, oraz o procentowym udziale tego czasu w czasie trwania zmiany roboczej, co ma bezpośredni wpływ na wartość wskaźnika efektywności czasu pracy maszyny. Informacje te zebrane są na liście, a zaznaczenie na niej dowolnego dnia powoduje wygenerowanie wykresu, na którym z podziałem na kolejne godziny doby obserwować można zmiany zużycia energii. Zestawienia takie mogą być generowane zarówno dla pojedynczych silników jak i dla dowolnych ich kombinacji, jednak wtedy wyliczane wartości są odpowiednio sumami lub średnimi wymienionych wcześniej wskaźników. W połączeniu z podobnymi analizami dotyczącymi pracy innych maszyn wchodzących w skład ciągu produkcyjnego (przenośniki, obudowy zmechanizowane) można będzie na tej podstawie wyznaczać wskaźniki efektywności całego procesu technologicznego.

Ostatnia z prezentowanych funkcjonalności pozwala na zobrazowanie zmian zużycia energii w dłuższych

odcinkach czasu. Wygenerowany przez program diagram (Rys. 7) jest zobrazowaniem ponad 500 tys. zapisów w bazie danych. Dane te zostały pogrupowane przez silnik bazy danych z podziałem na odcinki czasu (w tym przypadku są to odcinki godzinowe), a następnie sumowanie w nich zużycia energii.

Opracowana koncepcja diagramu pozwala na zilustrowanie w postaci kolorów, zmian wartość zużytej energii dla zadanego przez użytkownika odcinka czasu. O ile same obliczenia zostały zrealizowane przez silnik bazy danych, to graficzna ich reprezentacja jest wynikiem działania odpowiedniego kodu napisanego w języku Visual Basic.

Diagram pozwala na obserwację intensywności zużycia energii w kolejnych dniach pracy maszyny z podziałem na godziny. Dzięki temu łatwo zorientować się czy i kiedy maszyna pracowała, jaką ilość energii zużyła oraz kiedy miały miejsce dłuższe przerwy w produkcji.

Podsumowanie

Analiza małych ilości danych, przetwarzanie ich w informację oraz wnioskowanie na ich podstawie nie sprawia większego problemu. Pojawia się on jednak wraz z koniecznością przetwarzania dużych ilości danych. Współczesne organizacje na potrzeby precyzyjnego zarządzania generują ich ogromne ilości. W ciągu ostatnich dwóch lat liczba informacji przechowywanych w serwerach dostępnych w Internecie w zasadzie podwoiła się, a przyrost ten odpowiada całości informacji gromadzonej przez ludzkość od zarania dziejów. Niezbędnym jest zatem korzystanie z systemów informatycznych czyli systemów informacyjnych, które przy udziale narzędzi informatycznych wspomagają

proces transformowania danych do postaci ułatwiającej pracę menadżerów.

Na rynku systemów wspomagających kontrolę pracy maszyn występuje duża konkurencja nowoczesnych rozwiązań. Istotnym jest jednak, aby oferowane systemy spełniały indywidualne potrzeby konsumenta. Wykorzystanie pracowników działów informatycznych, którzy najczęściej znają dobrze realia realizowanego procesu, umożliwia tworzenie oprogramowania kontrolującego pracę maszyn i ludzi. Dostępne aktualnie języki programowania pozwalają na szybkie tworzenie aplikacji spełniających takie funkcje, a przy założeniu korzystania przez nie z serwerów baz danych gromadzących również informacje spoza kontrolowanego obszaru, możliwa staje się precyzyjniejsza, a zarazem szersza analiza korelacji nieprawidłowości procesu produkcyjnego.

Wychwycenie nieprawidłowości w procesie produkcyjnym pozwala na minimalizację kosztów produkcji poprzez uniknięcie drogich postojów, dyscyplinowania pracowników, kontroli wykorzystania czasu pracy maszyn i innych wskaźników procesu produkcyjnego, a także na optymalizację procesu produkcyjnego, korekty procedur obsługi urządzeń, wskazań przyczyn awarii.

Dogłębna analiza procesu produkcyjnego i pozyskana w ten sposób wiedza, jest jednym z czynników przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa, dlatego powinno ono wykorzystywać nowoczesne techniki obliczeniowe do optymalizacji realizowanego procesu.

Publikację wykonano w 2017 roku w ramach badań statutowych zarejestrowanych na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pod nr 11.11.100.693

Literatura – References

1. Bendkowski J.: *Ekonomika i zarządzanie przemysłem*, Politechnika Śląska, Gliwice 1990
2. Brzychczy E., Kęsek M., Napieraj A., Magda R.: An expert system for underground coal mine planning, w: *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 2017 vol. 33, s. 113–127.
3. Brzychczy E., Magda R., Franik T., Kęsek M., Napieraj A., Woźny T.: *Podstawy systemu doradczego wspomagającego planowanie robót przygotowawczych i eksploatacyjnych w kopalniach węgla kamiennego*; Wydawnictwa AGH, Kraków 2013
4. Brzychczy E., Magda R., Franik T., Kęsek M., Woźny T., Napieraj A.: An expert system for supporting mine production planning in multi-plant mining enterprises; 22nd World Mining Congress & Expo , 11–16 September 2011, İstanbul, Vol. 2, Ankara 2011
5. Walkenbach J.: *Excel 2013 PL; programowanie w VBA*; Vademecum Walkenbacha, Helion, Gliwice 2014
6. Kęsek M., Lach K.: Kontrola pracy kombajnu ścianowego z użyciem Visual Basic for Applications; *Przegląd Górniczy*, t. 73 nr 9, 2017
7. Kęsek M., Fuksa D., Ślósarz M., Bator A.: Wykorzystanie środowiska LabView do monitorowania elementu procesu wydobywczego; *Przegląd Górniczy*, t. 71 nr 8, 2015
8. Kęsek M., Franik T.: Projekt interfejsu systemu doradczego wspomagającego planowanie robót górniczych w kopalniach węgla kamiennego; *Przegląd Górniczy*, t. 69 nr 9, 2013
9. Kęsek M., Fuksa D.: Komputerowe wspomaganie wybranych obszarów zarządzania przedsiębiorstwem górniczym; *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*; Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012
10. Kisielnicki J.: *MIS systemy informatyczne zarządzania*. PLACET, Warszawa 2008
11. Sukiennik M.: *Koncepcja analizy porównawczej metod oceny kondycji finansowej kopalń węgla kamiennego w Polsce*; Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007
12. Snopkowski R.: *Stochastyczne metody analizy procesu produkcyjnego realizowanego w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego*; Wydawnictwa AGH, Kraków 2012
13. <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/downloads/caas/downloads/content/download-the-microsoft-visual-basic-for-applications-module-vba.html>
14. [download-the-microsoft-visual-basic-for-applications-module-vba.html](https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/downloads/caas/downloads/content/download-the-microsoft-visual-basic-for-applications-module-vba.html)

Visual Basic as a Tool for Monitoring and Analyzing Machines

The article brought closer the possibility of using Visual Basic to analyze data from the manufacturing process. An example program written in this language is discussed and its functionality is discussed. The program includes solutions that allow you to monitor and analyze part of the production process associated with hard coal mining. The article presents a number of concepts for the use of raw data derived from sensor machines to obtain information that may be useful in analyzing its work.

Keywords: Visual Basic, analysis of machine operation, database, machine utilization, data, information