

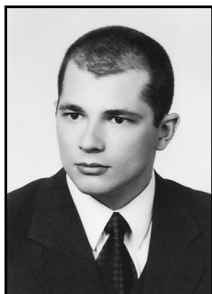
Krzysztof ADAMCZYK, Roman Aleksander TABISZ

WYŻSZA SZKOŁA INFORMATYKI I ZARZĄDZANIA W RZESZOWIE, ZAKŁAD PROGRAMOWANIA
POLITECHNIKA RZESZOWSKA IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA, ZAKŁAD METROLOGII I SYSTEMÓW POMIAROWYCH

Zastosowanie wybranych technologii informatycznych do tworzenia Metrologicznej Bazy Danych

Mgr inż. Krzysztof ADAMCZYK

Absolwent Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej o specjalności Systemy informatyczne. Od września 2002 roku asystent naukowo-dydaktyczny Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie. Opiekun studenckiego koła naukowego Microsoft .NET oraz studenckiej grupy programistycznej. Jest członkiem PTI oraz egzaminatorem ECDL.



Adres e-mail: kadamczyk@wsiz.rzeszow.pl

Dr inż. Roman Aleksander TABISZ

Adiunkt w Zakładzie Metrologii i Systemów Pomiarowych Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Kierownik Laboratorium Badań i Kalibracji. W działalności naukowej i dydaktycznej zajmuje się dziedziną przemysłowych systemów pomiarowo-diagnostycznych. W szczególności diagnostyką metod, systemów i procesów pomiarowych. Od 1994 roku członek Komisji Problemowej Polskiego Komitetu Normalizacji.



Adres e-mail: rtabisz@prz.rzeszow.pl

Streszczenie

Przedstawiono wybrane technologie informatyczne, które można wykorzystać do tworzenia Metrologicznych Baz Danych. Bazy te stanowią ważny element w systemach oceny zgodności: wyrobów, procesów wytwarzania, obiektów biologicznych lub ekologicznych. Wskazano na celowość doboru odpowiedniej technologii informatycznej uwzględniającej wielkość i przeznaczenie takiej bazy. Przedstawiono przykład wykorzystania bezpłatnych technologii MySQL oraz PHP do tworzenia małych baz metrologicznych przeznaczonych dla jednego lub kilku laboratoriów. Uzasadniono wybór technologii Microsoft .NET oraz SQL Server 2005 do tworzenia dużej bazy metrologicznej przeznaczonej dla regionalnego lub krajowego centrum metrologicznego.

Słowa kluczowe: systemy informatyczne, metrologiczne bazy danych

Chosen Information Technologies for Metrological Database Creation

Abstract

Chosen information technologies useful to the metrological database creation are presented. These databases are important elements of the Conformity Assessment Systems of the: products, production processes and "bio" or "eco" objects. The advisability of the selection of the suitable information technology of taking into account the size and the applications of such database is denoted. The example of the use of the free of charge MySQL and PHP technologies for creation of the small metrological databases for one or several laboratories is presented. The choice of the Microsoft.NET and the SQL Server 2005 technology to the big metrological database creation for the regional or national metrological centres is justified.

Keywords: information systems, metrological databases

1. Wprowadzenie

Metrologiczne Bazy Danych tworzone są jako systemy informatyczne wspomagające uzyskiwanie wyników pomiarów o określonym poziomie wiarygodności w różnych dziedzinach nauki i techniki [1],[2]. Znaczenie tego rodzaju systemów będzie systematycznie wzrastać w miarę rozwoju sieci akredytowanych laboratoriów badawczych i wzorcujących oraz regionalnych i krajowych centrów metrologicznych. Także centrów zajmujących się kształceniem w dziedzinie metrologii za pomocą internetowej technologii typu e-Learning [3],[4]. Tworzenie informatycznych systemów baz danych możliwe jest na wiele sposobów i można

do tego wykorzystywać różne dostępne i nieustannie rozwijane technologie informatyczne. Charakterystycznym podejściem do tworzenia każdej bazy danych jest dobór odpowiedniego modelu danych oraz zaprojektowanie właściwej struktury bazy, które umożliwią optymalne korzystanie z tej bazy zarówno w procesie wpisywania danych do bazy jak też ich eksploracji i analizy w zależności od potrzeb użytkownika. Podejście to wynika z tego, że jakkolwiek zmiana struktury bazy po wprowadzeniu do niej danych wymaga dużego nakładu pracy. Przyjęty model danych oraz struktura bazy warunkuje wybór odpowiednich narzędzi informatycznych. Narzędzia te można podzielić na dwie zasadnicze grupy. Pierwsza grupa to narzędzia „Open source” powszechnie dostępne i bezpłatne, ale z reguły o mniejszych możliwościach i takich uwarunkowaniach licencyjnych, które nie zawsze odpowiadają twórcom lub użytkownikom bazy. Druga grupa to narzędzia komercyjne, często bardzo kosztowne, które stosowane są do tworzenia dużych profesjonalnych systemów bazodanowych. Ostatnio intensywnie rozwijane są wielowymiarowe bazy danych wyposażone w odpowiednie systemy ETL szybkiego ładowania i ekstrakcji danych [5] oraz inteligentnej analizy danych wykorzystywanej do wspomaganie procesów podejmowania decyzji.

2. Informatyczne Systemy Baz Danych

W literaturze informatycznej można spotkać różne definicje baz danych, jednak ogólnie można powiedzieć, że baza danych jest zbiorem niezależnych komponentów takich jak części informacji, różnego rodzaju dane, powiązanych ze sobą i zapisanych w określony sposób zgodnie z wcześniej przyjętymi założeniami. Założenia te nazywamy modelem danych. Model danych określa zbiór reguł zgodnie, z którymi dane są składowane w bazie, definiuje strukturę danych i ich wzajemne relacje, w końcu określa operacje możliwe do wykonania na danych.

2.1. Modele baz danych

Istnieje wiele różnych modeli danych [6], jednak głównymi są: hierarchiczny model danych, relacyjny model danych, sieciowy model danych, obiektowy model danych, wielowymiarowy model danych, modyfikacje wyżej wymienionych modeli.

Wszystkie te typy baz łączy kilka podstawowych cech, które powinny spełniać systemy baz danych:

- możliwość formułowania zapytań do bazy w celu bezpośredniego uzyskiwania informacji,
- możliwość przechowywania danych w postaci trwałej i zarządzanie pamięcią wtórną, w której przechowuje się informacje bazy danych,
- zapewnienie kontroli jednoczesnego dostępu do danych.

2.1.1. Relacyjny model bazy danych

Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem baz danych są relacyjne bazy danych (RDBMS) oparte na relacyjnym modelu danych. Przechowują one dane w 2 wymiarowych tabelach, które posiadają określoną liczbę kolumn oraz dowolną liczbę wierszy. Kolejne wiersze tabeli stanowią pojedynczą niepodzielną krotkę (rekord) natomiast kolumny stanowią atrybuty tychże krotek. Dane w kolumnach są określonego typu zdefiniowanego na etapie projektowania bazy i jest ich określona ilość. Tabele w bazie danych tworzą między sobą relacje, umożliwiające powiązania ze sobą danych z wielu tabel. W związku z tym wszystkie operacje na danych wykonywane są w oparciu o algebrę relacji. Wiersze w tabeli przechowywane są w porządku zupełnie dowolnym. Nie można, zatem zidentyfikować wiersza poprzez jego pozycję w tabeli. Istnieje, więc potrzeba zdefiniowania w ramach tabeli jednej lub kilku kolumn stanowiących niepowtarzalny identyfikator zwany kluczem podstawowym tabeli.

Bazy relacyjne posiadają wewnętrzne języki programowania, wykorzystujące zwykle SQL (Structured Query Language) do operowania na danych, za pomocą, których tworzone są zaawansowane funkcje obsługi danych.

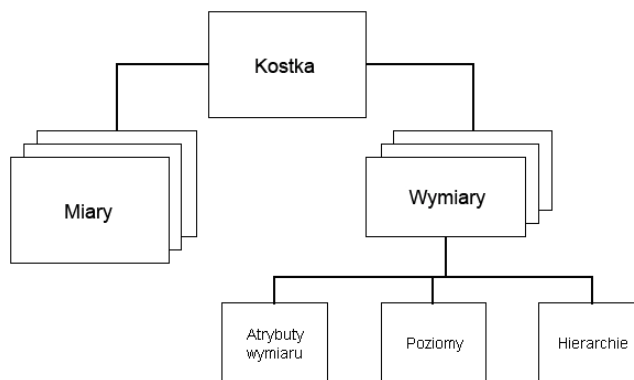
2.1.2. Obiektowy model bazy danych

Obiektowe bazy danych (ODBMS) nie są zdefiniowane żadnym oficjalnym standardem. Jednym z podstawowych celów modelu obiektowego jest bezpośrednie odwzorowanie obiektów i powiązań między nimi wchodzących w skład aplikacji na zbiór obiektów i powiązań w bazie danych. Obiektowe bazy danych łączą własności obiektowości z możliwościami systemów bazodanowych. Stąd istnieją tu pojęcia znane z obiektowych języków programowania: klasy, atrybuty, metody, hermetyzacja danych i metod, wielokrotne dziedziczenie. Obiektowo zorientowany język staje się zarówno językiem programowania jak i językiem bazy danych, zapewniając bezpośrednią zależność między obiektem w aplikacji a obiektem w bazie.

2.1.3. Wielowymiarowy model bazy danych

Wielowymiarowy model danych zwany jest również kostką danych. Modele wielowymiarowe bazują na odpowiednich relacjach między danymi w celu ułożenia ich w wielowymiarowe macierze zwane kostkami lub hiperkostkami w przypadku, gdy posiada ona więcej niż 3 wymiary. Dla danych ułożonych w struktury wielowymiarowe wydajność zapytań jest dużo większa niż w relacyjnym modelu danych gdzie dane są ułożone w dwuwymiarowe tablice [7].

W modelu wielowymiarowym rozróżnia się 2 podstawowe kategorie danych: fakty (miary numeryczne) i wymiary. Fakty są to informacje podlegające analizie np. sprzedaż, przychody, które charakteryzowane są ilościowo za pomocą miar np. liczba sprzedanych sztuk, wielkość przychodu. Wymiary natomiast ustalają kontekst analizy dla miar np. dla wielkości sprzedaży wymiarami mogą być okresy fiskalne, produkty, regiony. Wymiary składają się z poziomów, które tworzą hierarchie np.. dla przykładowego wymiaru lokalizacja można wyróżnić poziomy: sklepy, miasta, województwa. Wymiar ten ustala hierarchię, w której sklepy należą do miast, a miasta do województw [8].



Rys. 1. Schemat wielowymiarowego modelu danych.
Fig. 1. Block diagram of the multidimensional data model.

Wielowymiarowy model danych wspomaga złożone zapytania na dużych ilościach danych oraz zapewnia zintegrowane środowisko do tworzenia podsumowań informacji względem wielu wymiarów. Wielowymiarowy model danych jest preferowaną przez producentów platformą do tworzenia nowych narzędzi OLAP (On-Line Analytical Processing). Użytkownik może dokonywać podziału kostki danych, co pozwala mu spojrzeć na dane z różnych perspektyw [9].

2.2. Technologie baz danych

Istnieje wiele różnych systemów baz danych. Bardzo dużą i popularną grupę stanowią systemy oparte o architekturę klient-serwer wykorzystujące po stronie klienta aplikacje w formie interaktywnych stron internetowych. Dzięki temu możliwe jest budowanie interaktywnych rozproszonych aplikacji bazodanowych dostępnych poprzez przeglądarkę internetową z dowolnego miejsca podłączonego do Internetu. W aplikacjach tego typu wyróżnia się 2 rodzaje przetwarzania danych: po stronie serwera i po stronie klienta. Główna część obliczeń należy do serwera. Cała logika aplikacji (nawiązanie połączenia z serwerem bazy danych, dostęp do danych, analiza i przetworzenie danych) jest realizowana po stronie serwera. Po stronie klienta następuje jedynie wyświetlenie wyniku działania serwera w formie zrozumiałej dla przeglądarki internetowej.

2.2.1. Wybrane technologie stosowane do budowy systemów baz danych

Poniżej przedstawiono zestaw wybranych technologii i narzędzi wykorzystywanych do budowy interaktywnych systemów baz danych z uwzględnieniem zalecanych do stosowania w dziedzinie metrologii [10],[11].

HTML (Hypertext Markup Language) – hipertekstowy język znaczników – służy do budowania statycznych stron internetowych. Jest to język opisu strony przy pomocy zestawu znaczników. Jest to główny język stanowiący szkielet wszystkich stron internetowych.

XML (Extensible Markup Language) - to uniwersalny język formalny przeznaczony do reprezentowania różnych danych w ustrukturalizowany sposób. XML jest niezależny od platformy, co umożliwia łatwą wymianę dokumentów pomiędzy różnymi systemami.

CSS (Cascading Style Sheets) – język służący do opisu renderowania strony. Definiuje styl dla dowolnego elementu HTML lub XML. W dużo lepszym stopniu umożliwia określenie wyglądu strony internetowej oraz umożliwia dużo lepsze pozycjonowanie elementów na stronie niż miało to miejsce w przypadku czystego języka HTML.

JavaScript – obiektowo zorientowany język skryptowy wykonywany po stronie klienta przez przeglądarkę internetową. Umożliwia tworzenie interaktywności z użytkownikiem na

stronach internetowych. Obsługa tego języka jest zaimplementowana w większości najpopularniejszych przeglądarek internetowych.

PHP – bardzo popularny język skryptowy wykonywany po stronie serwera. W odróżnieniu od CGI język PHP jest z reguły wstawiany w kod strony HTML. Zawiera wiele dodatkowych bibliotek np. dostępu do różnego rodzaju baz danych, obsługi XML, generacji dokumentów PDF, manipulacji grafiką.

Java – obiektowy język programowania szeroko używany do tworzenia interaktywnej funkcjonalności dla sieci. Jest niezależny od platformy sprzętowej. Umożliwia uruchomienie aplikacji na dowolnym systemie zaopatrzonym w maszyną wirtualną..

Microsoft .NET – środowisko programistyczne udostępniające wiele mechanizmów do budowy interaktywnych systemów bazodanowych opartych zarówno o przeglądarki internetowe jak i typowych aplikacji systemu Windows. Do tworzenia dynamicznych stron WWW wykorzystywana jest technologia ASP (Active Server Pages) wykorzystująca jeden z wspieranych języków skryptowych wykonywanych po stronie serwera.

MySQL – serwer bazodanowy udostępniany na licencji GPL lub w wersji komercyjnej. Jeden z najszybszych serwerów bazodanowych, dostępny na wiele różnych platform sprzętowych dla wielu języków programowania. Oferuje różne typy tabel, z których każdy przeznaczony jest do innego zastosowania.

SQL Server – komercyjny produkt firmy Microsoft. Przeznaczony przede wszystkim do profesjonalnych zastosowań komercyjnych. Odnacza się dużą niezawodnością, skalowalnością i bezpieczeństwem. Przeznaczony dla platformy Windows, doskonale integruje się ze środowiskiem programistycznym .NET.

3. Metrologiczna baza danych

Metrologiczne bazy danych tworzone są w celu gromadzenia danych i opracowań powstających w dziedzinie metrologii. Mogą to być na przykład dane powstające w procesach pomiarowych lub w procesach wzorcowania. Mogą być to również moduły edukacyjne z dziedziny metrologii stosowane w nauczaniu na odległość (e-learning) lub moduły usługowe wspomagające procesy nadzorowania pomiarów w przemyśle.

3.1. Praktyczne przykłady

Interesującymi przykładami metrologicznych baz danych są bazy opisane w publikacji [1] przeznaczone: do gromadzenia danych powstających w procesach wzorcowania złożonych systemów pomiarowych przeznaczonych do pomiaru wielkości występujących w technice próżniowej oraz do gromadzenia i dokumentowania danych mających postać bio-sygnaliów występujących w diagnostyce medycznej. Autorzy publikacji [1] realizując szerszy projekt z zakresu metrologicznych baz danych udostępniają w celu oceny szablon metrologicznej bazy danych zaimplementowanej w programie Microsoft Access, z możliwością dostosowania jego struktury do własnych potrzeb.

Innymi przykładami mogą być bazy tworzone w celu prowadzenia szkoleń pracowników wykonujących pomiary w przemyśle. Baza Mess-IN [12] jest bazą wiedzy przeznaczoną do kształcenia inżynierów i studentów regionu Bawarii w dziedzinie metrologii przemysłowej. Natomiast system wspomagający doskonalenie kompetencji w dziedzinie pomiarów na maszynach współrzędnościowych typu CCM [2] jest przykładem systemu dedykowanego dla jednej wąskiej specjalności metrologicznej.

Uniwersalnym systemem informatycznym przeznaczonym zarówno do gromadzenia danych pomiarowych oraz zarządzania wiedzą metrologiczną jest system LASAR [3] rozwijany przez fundację CERTI we Florianopolis w Brazylii.

Autorzy podejmują próbę utworzenia takiego uniwersalnego systemu informatycznego. Jednym z elementów tego systemu

będzie zmodyfikowana wersja systemu CAMCP, opisanego w publikacji [13].

4. Prototypowa wersja bazy dla systemu CAMCP

Istotą koncepcji otwartego systemu wspomagającego procesy metrologicznego potwierdzania CAMCP (Computer Aided Metrological Confirmation Processes) jest baza danych dostępna za pośrednictwem Internetu zarówno dla laboratorium, w którym powstaje jak i dla zainteresowanych użytkowników z innych laboratoriów, których potencjał nie pozwala na tworzenie własnych systemów tego rodzaju.

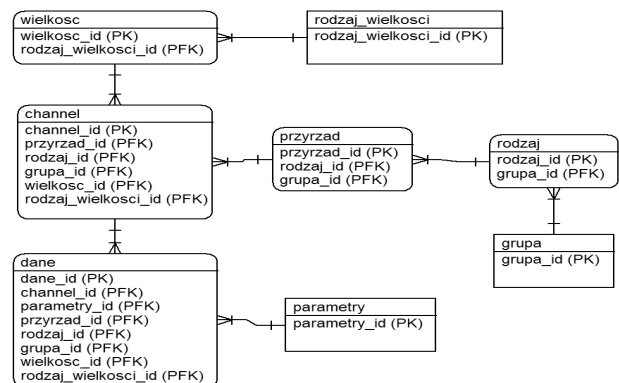
Na rysunku 2 przedstawiono interaktywną stronę WWW prototypowej wersji systemu CAMCP. Aplikacja składa się z 3 głównych części: części informacyjnej ogólnie dostępnej z górnego paska ekranu, z części dostępnej dla uprawnionych użytkowników po zalogowaniu zawierającej dostęp do modułów metrologicznej bazy danych oraz części operacyjnej systemu zapewniającej wpisywanie danych do bazy oraz ich ekstrakcję.



Rys. 2. Przykładowe okno systemu CAMCP.
Fig. 2. Example one of the print screens CAMCP application.

Do stworzenia wersji prototypowej systemu CAMCP wykorzystane zostały technologie i narzędzia publicznie dostępne na zasadach licencji GPL. W wersji prototypowej został zaimplementowane pierwsze 3 z 7 planowanych modułów, z których będzie składał się kompletny system CAMCP.

Struktura prototypowej bazy danych systemu CAMCP przedstawiona jest na rysunku 3:



Rys. 3. Diagram ERD (Entity Relationship Diagram) prototypowej wersji systemu CAMCP.
Fig. 3. ERD diagram of the prototype version of the CAMCP system.

W wersji prototypowej systemu możliwe było wprowadzanie specyfikacji wyposażenia pomiarowego, podawanie charakterystyki kanałów pomiarowych oraz zapisywanie historycznych danych zebranych w procesach kalibracji poszczególnych kanałów pomiarowych.

Działanie przedstawionej na rysunku 3 struktury zostało eksperymentalnie sprawdzone w procesie wpisywania danych do bazy jak również ekstrakcji potrzebnych danych.

5. Wybór technologii do realizacji bazy danych dla zintegrowanego systemu walidacji procesów pomiarowych

Przy wyborze technologii, w której wykonana zostanie docelowa baza danych autorzy kierowali się kilkoma względami. Jednym z czynników był koszt zakupu oprogramowania do realizacji systemu bazy danych. Kolejnym czynnikiem była zdolność stworzonego systemu do operowania na dużej ilości danych oraz szybkość i łatwość tworzenia zarówno samej bazy jak i jej poszczególnych komponentów. Pod uwagę brane były dwie ścieżki. Pierwsza ścieżka zakładała użycie darmowego oprogramowania typu „Open source”, w którego skład wchodziłby serwer WWW Apache z obsługą PHP 5.0 i bazą MySQL 5.0 pracujący pod kontrolą systemu Linux. Technologia wykonania HTML + PHP, środowiskiem programistycznym byłoby środowisko Eclipse. Druga ścieżka zakładała użycie komercyjnego oprogramowania firmy Microsoft: serwera IIS, serwera bazy danych SQL Server 2005 pracujących pod kontrolą systemu Windows Server 2003. Środowiskiem programistycznym w tym wypadku byłby pakiet Visual Studio 2005 a technologią wykonania aplikacji - ASP .NET 2.0.

Pierwsza ścieżka została wykorzystana do realizacji prototypowej wersji systemu CAMCP [13], a druga jest wykorzystywana do realizacji wersji docelowej systemu CAMPV.

5.1. Zalety technologii .NET oraz SQL Server

Jako technologia wykonania docelowej wersji systemu CAMPV została wybrana technologia ASP .NET, środowisko programistyczne Visual Studio 2005 oraz serwer bazy danych SQL Server 2005. Istnieje szereg zalet, które sprawiły, iż właśnie to rozwiązanie zostało przyjęte do realizacji projektu.

Wykorzystana technologia ASP .NET umożliwia tworzenie aplikacji w zintegrowanym środowisku programistycznym z możliwością wykorzystania wielu gotowych kontrolerek i pisania kodu w praktycznie dowolnym języku programowania np. VB, C#. Zawiera wizualny edytor, dzięki czemu programista oszczędza wiele czasu w trakcie pisania kodu. Kod ASP .NET jest kompilowany a nie interpretowany jak kod PHP.

SQL Server jest serwerem baz danych o bardzo zaawansowanych możliwościach i przewidując dalszy rozwój systemu CAMCP należy postawić na rozwiązanie, które zapewni zarówno dużą wydajność jak i bezpieczeństwo. Jest to produkt przeznaczony do realizacji dużych zaawansowanych baz danych, posiada w pełni zaimplementowane wszystkie założenia relacyjnych baz danych, umożliwia tworzenie baz obiektowych i wielowymiarowych, w pełni integruje się ze środowiskiem Visual Studio .NET, co w znacznym stopniu ułatwia pisanie aplikacji bazodanowych.

Ważną zaletą wybranego rozwiązania jest typ licencjonowania oprogramowania firmy Microsoft. W ramach programu MSDN AA całość wykorzystywanego oprogramowania do celów edukacyjnych jest udostępniana nieodpłatnie.

Wadą rozwiązania firmy Microsoft jest to, iż technologie te są ze sobą ściśle powiązane tzn. użycie ASP .NET wymusza stosowanie rozwiązań serwerowych Microsoft IIS. Obsługa

języka PHP natomiast możliwa jest zarówno na najpopularniejszy chyba serwer WWW - Apache jak i na serwer IIS. PHP posiada również przewagę w postaci tego, iż dużo więcej serwisów internetowych oferuje bezpłatny hosting PHP niż ASP .NET.

6. Podsumowanie

Analiza właściwości dostępnych technologii oraz doświadczenia zebrane w czasie tworzenia i testowania prototypowej wersji systemu CAMCP pozwoliły na podjęcie następujących decyzji. Metrologiczna baza danych docelowego systemu CAMPV (Computer Aided Measurement Processes Validation) tworzona jest jako baza przeznaczona dla regionalnego lub krajowego centrum metrologicznego. Zakładaną uniwersalność bazy oraz złożoność jej relacji zdaniem autorów najlepiej jest realizować za pomocą technologii ASP .NET oraz MS SQL Server. Technologia ta pozwoli także o ile zajdzie taka potrzeba na budowywanie elementów szybkiej analizy danych on-line (OLAP).

7. Literatura

- [1] Gross H., Hartmann V., Jousten K., Lindner G.: Generic System Design for Measurement Databases – Applied to Calibrations in Vacuum Metrology, Bio-Signals and a Template System. AMCTM-VII, World Scientific Publishing Co. 2006, pp-60-72.
- [2] Weckenmann A., Beetz S.: Computer-Based Integrated Assistance for Coordinate Measurements. XVII IMEKO World Congress, Metrology in the 3rd Millennium, June 22-27, Dubrovnik, Croatia 2003, pp. 1048-1052.
- [3] de Oliveira A.L.M., Schneider C.A.: Metrology Knowledge Management and Industry Integration through a Remote Services Laboratory. Proceedings of the Joint International IMEKO TC1+TC7 Symposium, September 21-24, 2005, Ilmenau, Germany.
- [4] Regtien P.P.L.: COMET: An Internet Based Platform for Education in Measurement Science. Proceedings of the Joint International IMEKO TC1+TC7 Symposium, September 21-24, 2005, Ilmenau, Germany.
- [5] Świerczowicz J.: Wielowymiarowa analiza aplikacji bazodanowych, Wysokowydajne Sieci Komputerowe, Zastosowania i bezpieczeństwo, Praca zbiorowa pod red. A. Kwietnia i A. Grzywaka, Rozdział 21, WKiŁ, Warszawa 2005, str. 231-239
- [6] Elmasri R., Navathe S.B.: Wprowadzenie do systemów baz danych. Wyd. Helion, Gliwice 2005.
- [7] Bembenik R., Jędrzejec B.: Technologia hurtowni danych, transformacja i integracja danych w systemach sieciowych. MiSSI, wrzesień 2002.
- [8] Wrembel R.: Wykład 12: Hurtownie danych – 1. Architektury i projektowanie. Uczelnia Online, <http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=ZSBD-2st-1.2-w12.tresc-1.1-Slajd1>
- [9] M. Mohania, S. Samtani, J. Roddick, Y. Kambayashi: Advances and research directions in data warehousing technology. Australian Journal of Information Systems 7(1): 41-59, 1999.
- [10] Gardner S.C.: Guidance and Tools for Interactive Web Pages. Software Support for Metrology-Good Practice-Guide No.14. NPL REPORT DEM-ES 002. April. 2005.
- [11] Ives D., Parkin G., Smith J., Stevens M., Taylor J.: Use of Internet by Calibration Services: Demonstration of Technology. NPL Report CMSC 49/04. March. 2004.
- [12] Weckenmann A., Soellner J.: Mess-IN – enhancing the competitiveness of regional SME's through work-place near training in manufacturing metrology. Joint International IMEKO TC1+TC7 Symposium, September 21-24, 2005, Ilmenau, Germany.
- [13] Tabisz R.: Computer Aided Metrological Confirmation Processes-CAMCP. XVIII IMEKO World Congress, Metrology for Sustainable Development, September 17-22, 2006, Rio de Janeiro, Brazil.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2009 jako projekt badawczy nr N505 015 32/2885