

Jerzy JAKUBIEC
Politechnika Śląska w Gliwicach
Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki

SYSTEMY INFORMACYJNE W BADANIACH INTERDYSCYPLINARNYCH

Streszczenie. Artykuł stanowi spojrzenie na zmiany zachodzące we współczesnym świecie, przez pryzmat rewolucji informacyjnej, której techniczne aspekty mogą być rozpatrywane w kategoriach systemów informacyjnych. Opisano ogólne zasady funkcjonowania systemów informacyjnych, ich rodzaje i właściwości oraz scharakteryzowano główne kierunki i tendencje w rozwoju tych systemów pod kątem wspomagania badań interdyscyplinarnych.

INFORMATION SYSTEMS IN INTERBRANCH INVESTIGATIONS

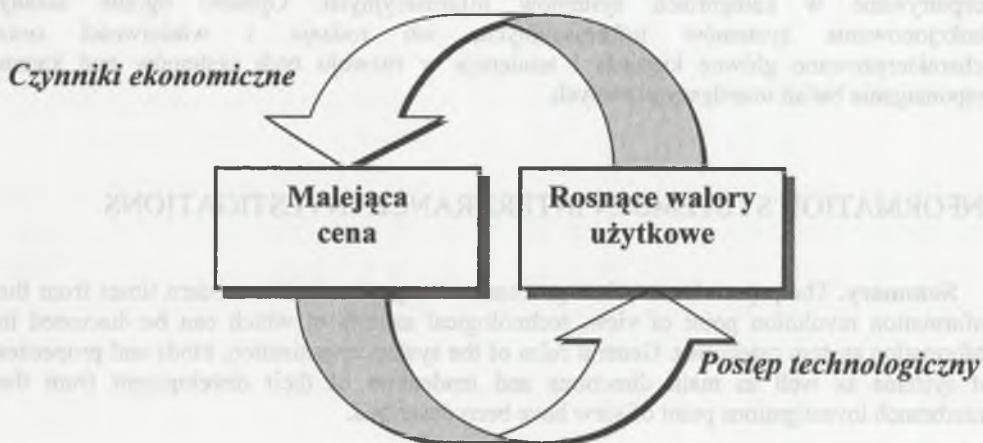
Summary. The paper characterizes processes taking place in the modern times from the information revolution point of view, technological aspects of which can be discussed in information system categories. General rules of the system organization, kinds and properties of systems as well as main directions and tendencies of their development from the interbranch investigations point of view have been described.

1. Wstęp

Proces przekształcania się współczesnego świata często nazywany jest **rewolucją informacyjną**. Do uznania tego procesu za rewolucyjny skłania jego duża dynamika, globalny charakter zachodzących zmian oraz zauważalne efekty jakościowe w praktycznie wszystkich dziedzinach życia. Społeczne skutki rewolucji informacyjnej opisywane są jako tworzenie się **społeczeństwa informacyjnego** [1], rozumianego jako zbiorowisko ludzi realizujących swoje cele w **sferze informacji**. Przyjmując, że **informacja** jest wiedzą w jej aspekcie użytkowym, fundamentem budowy społeczeństwa informacyjnego jest wiedza – mówi się często, że jest to społeczeństwo oparte na wiedzy.

Mechanizm napędowy rewolucji informacyjnej można graficznie przedstawić jak na rys. 1. Podstawowymi elementami tego procesu są czynniki ekonomiczne oraz postęp

technologiczny, których wzajemne oddziaływanie można opisać w kategoriach dodatniego sprzężenia zwrotnego. Każda poprawa walorów użytkowych sprzętu używanego w sferze informacji, uzyskana na skutek postępu technologicznego, powoduje wzrost liczby użytkowników tego sprzętu, a to z kolei daje podstawy do bardziej masowej produkcji, przyczyniając się do spadku ceny urządzeń. Niższa cena staje się z kolei powodem bardziej powszechnego ich stosowania, a mechanizm rynkowy zachęca producentów do poszukiwania sprawniejszych i tańszych technologii. Tym sposobem powstaje samonapędzający się mechanizm, którego efektem są szybkie postępy technologii połączone z ekspansją sfery informacji w życie człowieka. Rzeczywistość powstająca na skutek ekspansji sfery informacji nazywana jest erą „wszechogarniającego komputera” [2]. Prawo Moore’a [2], opisujące ilościowo pewne aspekty tych zmian, może być traktowane jako swojego rodzaju miara opisu dynamiki rewolucji informacyjnej.



Rys. 1. Ilustracja sprzężenia zwrotnego w rewolucji informacyjnej

Fig. 1. Illustration of feedback in information revolution

Efekty ekspansji technologii informacyjnych są zauważalne praktycznie we wszystkich dziedzinach ludzkiej aktywności. Oczywiście najbardziej widoczne jest to w sferze produkcji materialnej, która z natury rzeczy bazuje na odpowiednio przetworzonej informacji. W tej sferze w okresie ostatnich kilkudziesięciu lat wykształciła się specyficzna technologia produkcji, w której czynnik ludzki jest eliminowany z procesu przetwarzania informacji. Można ją nazwać automatyzacją procesów przemysłowych, a jej najszybciej rozwijającą się dziedziną jest robotyka wspierana przez technologie mechaniczno-elektroniczne, będące przedmiotem zainteresowań mechatroniki. Tendencje miniaturyzacji tych technologii doprowadziły do ukształtowania się nowej dziedziny wiedzy nazywanej nanotechnologią [3].

Uzasadnione jest stwierdzenie, że współczesna gospodarka wręcz nie mogłaby funkcjonować bez wsparcia technologii informacyjnych. Spotyka się oszacowania, że w najbardziej rozwiniętych krajach prawie połowa dochodu narodowego uzyskiwana jest w dziedzinach zajmujących się technologiami informacyjnymi lub w takich, dla których te technologie są nieodzownym składnikiem. Trudno sobie wyobrazić przykładowo funkcjonowanie rynków finansowych bez korzystania z sieci komputerowych, również magazynowanie, dystrybucja i sprzedaż produktów nie mogą się obyć bez tego rodzaju wsparcia.

Warto zwrócić także uwagę na to, jak wiele aspektów życia współczesnego człowieka zależy od efektywności funkcjonowania technologii informacyjnych. Przykładów mogą dostarczyć sfery: kultury, gdzie wiele produktów powstaje dzięki wykorzystaniu tego rodzaju technologii (np. filmy, muzyka), bezpieczeństwa i komfortu życia (budownictwo inteligentne), opieki zdrowotnej i wiele innych. Użytkowanie produktów powstających w tych sferach prowadzi do zmian zachowań ludzkich, czego przykłady można zauważyć, obserwując młodzież używającą telefonów komórkowych, Internetu lub widząc ich fascynację gramami komputerowymi.

Podstawowym narzędziem w sferze informacji jest komputer. Pod tym pojęciem kryją się zarówno duże komputery wykorzystywane w centrach obliczeniowych, jak i popularne komputery biurkowe (klasy IBM PC) oraz różnego rodzaju układy mikroprocesorowe, które ze względu na małe rozmiary można dla odróżnienia nazywać mikrokomputerami. Charakterystyczną cechą komputera jest zdolność do samodzielnej realizacji działań określonych przez program realizowany przez procesor i zawarty w jego pamięci. Aby komputer mógł realizować użyteczne zadania, niezbędna jest jego komunikacja z otoczeniem za pomocą różnorodnych urządzeń wejścia/wyjścia.

Ze swej natury komputer jest urządzeniem przetwarzającym informacje w postaci cyfrowej, przy czym poziom współczesnej technologii umożliwia wysoce efektywną realizację tego działania. W związku z tym komputer sam z siebie jest narzędziem bardzo przydatnym w wielu dziedzinach życia, jednak jego możliwości ujawniają się dopiero wtedy, gdy współpracuje z innymi komputerami za **pośrednictwem sieci komputerowej**, będącej swoistą „pajęczyną” mediów transmisyjnych wykorzystywanych do **komunikacji** przy użyciu standardowych protokołów wymiany informacji. To właśnie wykorzystywanie zdolności komunikowania się komputerów przy użyciu sieci stanowi współcześnie jeden z głównych czynników napędzających rewolucję informacyjną.

Pojawienie się sieci komputerowych wykreowało potrzebę nowego spojrzenia na techniczne aspekty rewolucji informacyjnej – przez pryzmat systemów ukierunkowanych na działania związane z informacją, nazywanych **systemami informacyjnymi**. W dalszej części pracy opisano sposób funkcjonowania takich systemów, podstawowe rozwiązania oraz tendencje i perspektywy ich rozwoju. Końcowe fragmenty tekstu poświęcono nowym

możliwościom, jakie stwarzają współczesne systemy informacyjne w zakresie przykładowo wybranych kierunków badań interdyscyplinarnych.

2. Systemy informacyjne

Systemem nazywany jest zbiór środków do kompleksowej realizacji zadań. Przyjmuje się, że system ma strukturę złożoną, czyli składa się z wielu elementów wzajemnie powiązanych. Kompleksowość systemu oznacza, że realizuje on zadania w sposób spójny i wyczerpujący z punktu widzenia przyjętych kryteriów. System określony jako informacyjny jest zespołem sprzętu i oprogramowania przeznaczonym do realizacji zadań związanych z pozyskiwaniem, przesyłaniem, przetwarzaniem i przechowywaniem informacji.

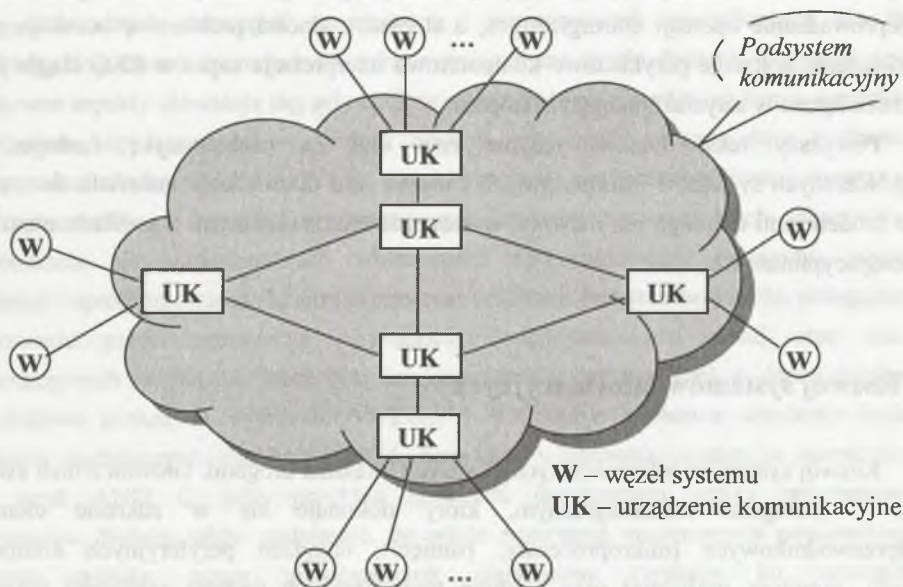
Podstawowym założeniem funkcjonalnym systemu informacyjnego jest umożliwienie korzystania z informacji dostępnej w systemie wszystkim jego elementom bez ograniczeń związanych z odległością między nimi. Można powiedzieć, że tego rodzaju systemy służą do udostępniania zasobów informacyjnych systemu wszystkim jego użytkownikom. Przestrzenne rozmieszczenie elementów spowodowało wykształcenie się charakterystycznej struktury komunikacyjnej systemu, którą ogólnie można przedstawić w sposób pokazany na rys. 2.

Ogólnie system informacyjny składa się z dwojakiego rodzaju urządzeń. Pierwszą grupę tworzą **węzły systemu**, czyli urządzenia, które mają **unikatowy identyfikator** (numer, adres) pozwalający na jednoznaczne wskazanie każdego z węzłów. Komunikacja w systemie odbywa się wyłącznie między węzłami o określonych numerach. Fizycznie węzłami są komputery (procesory) lub podsystemy, których struktura komunikacyjna jest podobna do tej pokazanej na rys. 2.

Za komunikację w systemie odpowiada druga grupa urządzeń. Są to z reguły wyspecjalizowane komputery, jednak w odróżnieniu od węzłów są one „przezroczyste” dla użytkownika systemu, który nie zauważa ich funkcjonowania. Urządzenia te, łącznie z mediami transmisyjnymi, tworzą infrastrukturę komunikacyjną systemu nazywaną również **interfejsem systemu**. Najbardziej rozwiniętą infrastrukturą jest globalna sieć komputerowa.

Ze względu na realizowane zadania wyróżnia się trzy główne rodzaje urządzeń komunikacyjnych. Podstawowym jest **router** (zwrótnica), który służy do kierowania przepływem informacji w systemie. Jego zadanie polega przede wszystkim na wskazywaniu drogi przesyłania od nadawcy do odbiorcy elementarnych zbiorów transmitowanych danych, nazywanych **paketami**. Droga ta może być wybierana w zależności od natężenia ruchu, można również uwzględniać awarie fragmentów interfejsu i inne czynniki. Równie ważna jest druga funkcja routera, polegająca na lokalizowaniu ruchu pakietów w systemie. Pakiety przeznaczone dla lokalnych węzłów nie mogą być przekazywane poza ich obręb, gdyż wówczas zaśmiecają jedynie sieć i zmniejszają jej przepustowość.

Drugim rodzajem urządzenia jest **most** (ang. bridge) służący do spinania fragmentów sieci różniących się bądź rodzajami używanych mediów transmisyjnych (elektrycznych, świetlnych lub radiowych), bądź standardami organizacji transmisji nazywanymi **protokołami**. Często mosty współpracują z **koncentratorami** ruchu, których zadaniem jest umożliwienie tworzenia rozgałęzień interfejsu.



Rys. 2. Ogólna struktura komunikacyjna systemu informacyjnego
Fig. 2. General structure of communication in an information system

Specyficzne zastosowania systemów informacyjnych spowodowały ukształtowanie się różnych rodzajów systemów. I tak dla celów obiektywnego pozyskiwania informacji o rzeczywistości fizycznej wykorzystywane są **systemy pomiarowo-sterujące**, wśród których można wyodrębnić klasę nazywaną **systemami monitorowania**. Tego rodzaju systemy cechuje brak możliwości oddziaływania na obiekt pomiaru, mogą one jedynie dokonywać pomiarów wielkości charakteryzujących ten obiekt. Przykładem może tu być system monitorowania stanu atmosfery lub system lokalizacji położenia GPS. Ważną dla sfery produkcji kategorią systemów pomiarowo-sterujących są **systemy automatyzacyjne**, ukierunkowane na sterowanie procesami i obiektami przemysłowymi. Do tej grupy można również zaliczyć **systemy diagnostyczne**, które są systemami pomiarowo-sterującymi realizującymi często złożone sekwencje pomiarów w celu zakwalifikowania badanego obiektu do jednej z dwóch kategorii – „sprawny” lub „niesprawny”.

Dla celów przechowywania informacji i zapewnienia sprawnego do niej dostępu budowane są **systemy baz danych**. Systemy te w rozwiniętej formie, pozwalającej na uzyskiwanie odpowiedzi na odpowiednio sformułowane pytania, nazywane są **systemami ekspertowymi**. Bazy danych tego rodzaju systemów przechowują zbiór wiedzy ekspertów z określonej dziedziny wiedzy. Współcześnie bardzo intensywnie rozwijane są **systemy diagnostyki medycznej**, integrujące w sobie rozproszone systemy pomiarowo-sterujące i ekspertowe. Możliwość jakiej stwarzają tego rodzaju systemy ilustruje zdalne (przez Internet) przeprowadzanie operacji chirurgicznych, a stopień trudności problemów oczekujących na rozwiązanie pokazuje przykładowo komputerowa interpretacja zapisów EKG ciągle jeszcze nierozwiązana w satysfakcjonującym stopniu.

Powyższy tekst stanowi jedynie rzut oka na problematykę funkcjonowania współczesnych systemów informacyjnych i ma na celu dostarczenie materiału do rozważań nad tendencjami dalszego ich rozwoju, w szczególności związanymi z prowadzeniem badań interdyscyplinarnych.

3. Rozwój systemów informacyjnych

Rozwój systemów informacyjnych przebiega wieloma drogami. Główna z nich związana jest z postępowaniem technologicznym, który dokonuje się w zakresie elementów półprzewodnikowych (mikroprocesory, pamięci), urządzeń peryferyjnych komputerów (dyski, monitory graficzne) oraz mediów transmisyjnych (wzrost szybkości działania i zasięgu). Układy mikroprocesorowe stały się miniaturowe (rozmiary determinuje wielkość obudowy), szybkie (około 10^8 operacji na sekundę), a także cechuje je niski pobór mocy z obwodu zasilania z możliwością oszczędzania energii w stanie czuwania. Powszechność stosowania doprowadziła ponadto do bardzo niskiej ceny tych elementów – przewiduje się, że w przeciągu kilku do kilkunastu lat cena popularnego mikroprocesora będzie zbliżona do ceny kartki papieru [2]. Niska cena i walory użytkowe spowodowały, że mikroprocesory są powszechnie stosowane w różnorodnych urządzeniach, podnosząc kluczowe ich walory użytkowe bez istotnego wpływu na cenę. Dotyczy to również systemów informacyjnych. Można zatem mówić o zjawisku **ekspansji** systemów rozumianej zarówno jako wchodzenie do coraz to nowych dziedzin życia, jak i w sensie terytorialnym. W tym drugim przypadku obserwuje się tendencję do **globalizacji** systemów, czyli rozprzestrzeniania na całym obszarze Ziemi (Internet, GPS, telefonia komórkowa i wiele innych).

Kolejnym zjawiskiem widocznym wyraźnie w procesie ewolucji współczesnych systemów informacyjnych jest **integracja** systemów polegająca na scalaniu się ze sobą różnego rodzaju systemów. Czynnikiem sprzyjającym integracji jest cyfrowa reprezentacja informacji w systemach, stąd naturalne jest łączenie się systemów wykorzystujących tego rodzaju nośnik. Jednak ze względu na walory informacji w postaci cyfrowej obserwuje się

zastępowanie sygnałów analogowych ich odpowiednikami cyfrowymi (przejście na „platformę cyfrową”), między innymi w celu zintegrowania z już istniejącymi systemami cyfrowymi. Przykładem jest tu telewizja i telefonia internetowa. Ponadto, proces ten widoczny jest również w przypadku systemów o istotnie różnym charakterze – można mówić o integracji systemów informacyjnych i przemysłowych, czego przykładem jest wykorzystywanie infrastruktury elektroenergetyki do celów przesyłania informacji cyfrowej.

Ekspansja systemów informacyjnych w różnych dziedzinach powoduje, że pojawia się wiele różnorodnych rozwiązań sprzętowych i programowych specyficznych dla danej dziedziny. Bogactwo i różnorodność tych rozwiązań ma swoje dodatnie i ujemne strony. Negatywne aspekty ujawniają się, gdy spojrzy się na problem z punktu widzenia specjalistów zajmujących się systemami – wielość nowych rozwiązań stwarza duże trudności z opanowaniem wiedzy na ich temat, a to, wraz z czynnikami natury ekonomicznej, stwarza silne naciski na **unifikację** sprzętu i oprogramowania używanych w systemach. Obserwuje się upodobnianie się funkcjonalnych właściwości oprzyrządowania systemów, procedur transmisji i oprogramowania. Finalnym krokiem unifikacji jest **standaryzacja**, polegająca na normowaniu przez organizacje i konsorcja międzynarodowe zasad oraz założeń konstrukcyjnych rozwiązań, które tym samym stają się **standardami** w danej dziedzinie. Przykładowo można tu wymienić VMEbus i VXI, jako światowe standardy budowy systemów modułowych, standard POSIX, dotyczący właściwości systemów operacyjnych, oraz język ANSI C, jako przykład standardu dotyczącego języka programowania komputerów. Należy także nadmienić, że wiele rozwiązań stosowanych powszechnie w praktyce zyskuje rangę nieformalnych standardów (brakuje im unormowań międzynarodowych), jak przykładowo narzędzie graficznego programowania wirtualnych przyrządów pomiarowych LabVIEW.

Scharakteryzowane powyżej procesy w większości przypadków znajdują się w początkowej fazie rozwoju, należy zatem spodziewać się intensyfikacji ich przebiegu. Pogłębianie się tych procesów ułatwia wykorzystywanie systemów informacyjnych jako narzędzia badawczego, inspirując zarazem powstawanie nowych obszarów badań, które potencjalnie mogą być szczególnie efektywne w obszarach interdyscyplinarnych.

4. Rola systemów informacyjnych w badaniach interdyscyplinarnych

Przyjmijmy dla potrzeb niniejszej pracy, że badania można nazwać interdyscyplinarnymi, jeżeli ich efekty poznawcze przyczyniają się do współzależnego rozwoju co najmniej dwóch dyscyplin naukowych. Ta współzależność jest dobrze widoczna w szczególności wtedy, gdy analizuje się efekty wykorzystywania w badaniach technik specyficznych dla systemów informacyjnych. Przykładowo stosowanie w medycynie nowych

algorytmów przetwarzania sygnałów prowadzi zarówno do rozwoju samej medycyny, jak teorii sygnałów [4].

Można postawić tezę, że stosowanie systemów informacyjnych stwarza szczególnie dogodne warunki rozwoju badań interdyscyplinarnych. Jej zasadność wynika przede wszystkim z podstawowej właściwości systemu, jaką jest kompleksowość realizacji celów stawianych przed systemem. W przypadku systemów informacyjnych kompleksowość oznacza, że prowadzący badania ma do swej dyspozycji cały arsenał nowoczesnych środków, które może wykorzystywać do uzyskiwania wyników badań (narzędzia pomiarowe), wyniki te może archiwizować oraz przetwarzać w sposób pozwalający na ekstrakowanie użytecznej informacji z dużej liczby danych pomiarowych. Dodatkowo może wykorzystywać narzędzia wspomagające planowanie eksperymentu badawczego, usprawniające jego realizację i weryfikację uzyskanych wyników.

Powyższe uwagi dotyczą zalet systemów informacyjnych jako takich, warto jednak zwrócić uwagę na pewne specyficzne możliwości jakich dostarczają współczesne systemy. Szczególny potencjał kryje w sobie stosowanie **systemów mobilnych**, czyli takich, których elementy mogą nawiązywać kontakt w ruchu. Współcześnie do ich budowy wykorzystywane są głównie dwa standardy: Bluetooth [5] oraz ZigBee. Należą one do bardzo szybko rozwijającej się klasy systemów z nośnikiem w postaci fal radiowych, która w niedalekiej przyszłości zapewne rozwiąże problem dostępności do ogólnoswiatowej sieci informacyjnej, czyli Internetu, z każdego miejsca kuli ziemskiej. Ma to niebagatelne znaczenie również z badawczego punktu widzenia, gdyż eksperymentator uzyskuje zarówno dostęp do wiedzy zgromadzonej w Internecie, jak i możliwości gromadzenia, przetwarzania uzyskiwanych wyników oraz przesyłania ich w praktycznie dowolne miejsce.

Systemy mobilne umożliwiają prowadzenie badań obiektów będących w ruchu. Jednak wiele interesujących możliwości kryje się również w samym fakcie, że potencjalne elementy takiego systemu stają się nimi dopiero wtedy, gdy znajdują się w odpowiedniej odległości od innych. Wyposażając uczestników eksperymentu w miniaturowe komunikatory mobilne, można rejestrować ich obecność w określonych miejscach, a tym samym badać ich przemieszczanie się, natężenie ruchu i wiele innych parametrów. Można także tym sposobem rejestrować reakcję ludzi na pewne zdarzenia, przykładowo związanie z bezpieczeństwem, a także – wyposażając komunikatory w przyciski – uzyskiwać dodatkowe informacje odnośnie subiektywnych odczuć ludzi. Biorąc pod uwagę, że praktycznie nie ma ograniczeń co do ilości uzyskiwanych informacji oraz liczby osób biorących udział w eksperymentach, daje to możliwość uzyskiwania reprezentatywnych i wiarygodnych danych odnośnie przedmiotu eksperymentu. Interesujące jest również to, że dane uzyskiwane w takich eksperymentach mogą być użyteczne w różnych dziedzinach, przykładowo w socjologii oraz bezpieczeństwie pracy.

Opisane badania stanowią jedynie przykład możliwości, jakie stwarzają współczesne systemy informacyjne. W miarę dalszego rozwoju technologii tych systemów możliwości ich

wykorzystania w badaniach będą rosły. Warto na koniec krótko podkreślić główne zalety stosowania systemów w tym zakresie. Umożliwiają one prowadzenie badań w sposób automatyczny, czyli z wykluczeniem bezpośredniego udziału człowieka (może je jedynie nadzorować), w sytuacjach kiedy dostęp eksperymentatora jest niemożliwy lub niebezpieczny, a w szczególności wtedy, gdy warunki eksperymentu wykluczają jego udział (np. przy dużej zmienności stanu badanego obiektu). Istotną zaletą jest możliwość zdalnego (czyli na odległość) prowadzenia eksperymentów, co jest ważne w przypadku unikatowej i drogiej aparatury dostępnej tylko w nielicznych ośrodkach.

Należy także wspomnieć o możliwościach jakie stwarzają nowoczesne narzędzia przetwarzania i wizualizacji danych. Współczesne techniki modelowania matematycznego, wsparte dużą szybkością realizacji obliczeń, spowodowały, że symulacja komputerowa stała się bardzo efektywnym narzędziem poznawania rzeczywistości, dostarczającym w wielu przypadkach danych niemożliwych do uzyskania na drodze pomiarowej (lub co najmniej bardzo trudnych i kosztownych). Specyficznym rodzajem symulacji jest kreowanie tzw. rzeczywistości wirtualnej, przydatnej m. in. do weryfikacji wyników badań w przestrzeniach trójwymiarowych. Jest to przykład roli, jaką odgrywają współcześnie różnego rodzaju algorytmy przetwarzania i wizualizacji danych uzyskiwanych bądź w sposób pomiarowy, bądź symulacyjny. Otrzymywane w ten sposób obrazy mogą być bardzo przydatne w wielu dziedzinach, przykłady ich wykorzystania w medycynie opisano w pracy [4]. Rozwijane są podstawy matematyczne nowych algorytmów służących do ekstrakowania użytecznej informacji, przykładem jest tzw. transformacja falkowa [4]. Można powiedzieć, że wsparcie programowe dostępne dzięki systemom informacyjnym pozwala na istotną intensyfikację procesów badawczych.

5. Uwagi końcowe i wnioski

Przetawione rozważania stanowią propozycję zakresienia pola dyskusji na temat możliwości stwarzanych przez rozwój systemów informacyjnych w zakresie kreowania nowych obszarów badań interdyscyplinarnych. Szybki rozwój technologii systemów powoduje, że ich potencjał aplikacyjny zmienia się praktycznie z dnia na dzień. Proces ten z jednej strony dostarcza nowych, coraz bardziej efektywnych narzędzi badawczych, z drugiej jednak stwarza wiele problemów związanych przede wszystkim z koniecznością przyswajania nowej wiedzy dotyczącej korzystania z tych narzędzi. Do realizacji projektów badawczych niezbędna staje się współpraca specjalistów z wielu dziedzin, a ponadto, konieczne jest wsparcie ze strony technologów systemów, specjalistów z zakresu oprogramowania systemów oraz planowania i realizacji eksperymentów pomiarowych. Niezbędne staje się tworzenie zespołów badaczy i technologów potrafiących wspólnie realizować prace z

pogranicza różnorodnych dyscyplin i umiejętnie posługujących się aparatem pojęciowym specyficznym dla tych dyscyplin.

Należy także zwrócić uwagę na istotny aspekt wykorzystania systemów informacyjnych w badaniach naukowych. Złożoność środków sprzętowych i programowych zmusza często eksperymentatora do wykorzystywania oprogramowania, nad którym nie ma pełnej kontroli odnośnie dokładności realizowanych obliczeń. Niezbędna jest intuicyjna weryfikacja uzyskiwanych wyników, co wymaga dużej wiedzy i doświadczenia z danej dziedziny. Zatem istotnym warunkiem uzyskiwania wiarygodnych wyników eksperymentów realizowanych przy użyciu systemów informacyjnych jest udział ekspertów dysponujących wiedzą z określonej dyscypliny oraz mających umiejętności analizy użytkowanych algorytmów przetwarzania danych pomiarowych [6].

Bibliografia

1. Sienkiewicz P.: Teoria rozwoju społeczeństwa informacyjnego. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej pt. „Polskie doświadczenia w kształtowaniu społeczeństwa informacyjnego. Dylematy cywilizacyjno-kulturowe”, Kraków 2001.
2. Kaku M.: Wizje, czyli jak nauka zmieni świat w XXI wieku. Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2000.
3. Regis E.: Nanotechnologia. Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2001.
4. Zieliński P.T.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2005.
5. Miller B.A., Bisdikian Ch.: Bluetooth. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2003.
6. Jakubiec J.: Systemy pomiarowe w świecie informacji. Materiały XXXII Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów MKM'2000, Rzeszów – Jawor, 11-15 września 2000, s. 33-50.

Recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Mikulik, prof. nzw. AGH