



Raport D2.4

Wielkopolski Klaster Teleinformatyczny Program Edukacji i Szkoleń



Poznań, listopad 2010

Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Jednostki opracowujące raport	3
3. Metodologia przygotowania zakresu i programu studiów podyplomowych i szkoleń.....	6
4. Studia podyplomowe.....	7
4.1. Rozproszone, współbieżne systemy informatyczne.....	7
4.2. Inteligencja obliczeniowa.....	11
5. Szkolenia	15
5.1. Metody eksploracji danych	15
5.2. Technologie programowania gier komputerowych.....	16
5.3. Zwinne metodyki inżynierii oprogramowania	18
5.4. Metody konstruowania algorytmów dla złożonych problemów obliczeniowych....	19
5.5. Modelowanie i analiza systemów informacyjnych	21
6. Podsumowanie i wnioski.....	22

1. Wstęp

Raport niniejszy został opracowany w ramach projektu "ICT Wielkopolska – Information and Communication Technologies Research Driver Cluster in Wielkopolska Region" wchodzącego w skład 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej, grant nr 229743.

Głównym celem raportu jest przedstawienie programu doształcania pracowników firm zrzeszonych w Wielkopolskim Klastrze Teleinformatycznym dla podniesienia stopnia zaawansowania produktów oferowanych przez te firmy, a tym samym dla zwiększenia poziomu konkurencyjności tych firm. Raport zawiera propozycję programów dwu jednosemestralnych studiów podyplomowych oraz pięciu jednodniowych szkoleń.

Studium podyplomowe "Rozproszone współbieżne systemy informatyczne" zapoznawać będzie słuchaczy przede wszystkim z technologiami udostępniania usług rozproszonych (systemy typu *cloud computing* czy *grid*) oraz metodami konstruowania i nadzorowania rozproszonych systemów współbieżnych.

Założeniem studium podyplomowego "Inteligencja obliczeniowa" jest natomiast zapoznanie uczestników z nowoczesnymi metodami konstruowania wielokryterialnych systemów podejmowania decyzji, systemów wspomagających projektowanie, zarządzanie czy edukację oraz z metodami wykorzystania algorytmów metaheurystycznych, które umożliwiają znajdowanie w akceptowalnym czasie zadowalających rozwiązań złożonych problemów obliczeniowych.

Szkolenia, których przeprowadzenie przewidywane jest dla członków klastra, dotyczyć będą natomiast: metod eksploracji danych, technologii programowania gier komputerowych, zwinnych metodyk inżynierii oprogramowania, metod konstruowania algorytmów dla złożonych problemów obliczeniowych, modelowania i analizy systemów informatycznych.

Raport opracowany został w 2. połowie roku 2010, przy formułowaniu tematyki i zakresu poszczególnych studiów podyplomowych i szkoleń wzięto pod uwagę sondaż przeprowadzony wśród wielkopolskich firm ICT oraz wyniki badań własnych autorów.

2. Jednostki opracowujące raport

Raport opracowany został przez Instytut Informatyki Politechniki Poznańskiej oraz Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe.

Instytut Informatyki Politechniki Poznańskiej prowadzi działalność w zakresie informatyki i nauk decyzyjnych. Specyfika badań prowadzonych w Instytucie polega na kompleksowym ujęciu problematyki projektowania systemów informatycznych i zarządzania nimi ze szczególnym uwzględnieniem aspektu wydajności. Na podkreślenie zasługuje łączenie badań podstawowych z realizacjami praktycznymi.

– Zakład Badań Operacyjnych i Sztucznej Inteligencji prowadzi badania głównie w zakresie algorytmów rozdziału zasobów w systemach komputerowych (zwłaszcza

typu *grid*) i w systemach produkcyjnych oraz podstaw informatycznych sztucznej inteligencji.

- Zakład Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji prowadzi badania w zakresie wielokryterialnych systemów wspomagania decyzji, uczenia maszynowego i telemedycyny.
- Zakład Systemów Informatycznych prowadzi badania w zakresie przetwarzania rozproszonego, hurtowni danych, eksploracji danych i systemów baz danych oraz systemów internetowych i intranetowych.
- Zakład Teorii Algorytmów i Systemów Programowania prowadzi badania naukowe w zakresie bioinformatyki, teorii szeregowania zadań, inżynierii oprogramowania i projektowania systemów sterowania.

Prace naukowo-badawcze realizowane są w ramach projektów finansowanych z budżetu nauki, w ramach projektów europejskich oraz na zlecenie instytucji i jednostek gospodarczych.

Kadrę Instytutu Informatyki tworzy: siedmiu profesorów tytularnych, z których trzech jest członkami Polskiej Akademii Nauk (w tym jeden jest członkiem rzeczywistym), trzynaście osób ze stopniem naukowym doktora habilitowanego i ok. pięćdziesiąt osób ze stopniem naukowym doktora.

W ostatnich latach pracownicy Instytutu Informatyki publikowali po ok. 150 artykułów, referatów i rozpraw naukowych rocznie, z czego ok. 25 rocznie to artykuły publikowane w czasopismach notowanych na liście filadelfijskiej.

O wysokim uznaniu dorobku pracowników Instytutu świadczy także jedenaście tytułów Doktora Honoris Causa, przyznanych przez uczelnie polskie i zagraniczne.

Instytut Informatyki prowadzi również szeroką działalność wdrożeniową. Przykładem może być opracowany w Instytucie Informatyki system zarządzania szpitalem „Eskulap”, który wdrożony został już w ok. 100 szpitalach na terenie całego kraju. Również system „Dziekanat”, zarządzający pracą dziekanatu szkoły wyższej, został wdrożony w wielu polskich uczelniach.

Instytut Informatyki prowadzi kierunek studiów Informatyka, na którym studiuje rocznie ok. 1200 studentów. Państwowa Komisja Akredytacyjna przyznała temu kierunkowi wyróżnienie, jako jednemu z trzech kierunków informatycznych w Polsce.

Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe (PCSS) – jest jednostką afiliowaną przy Instytucie Chemii Bioorganicznej PAN. Działa od 1993 roku z misją: „Integracji i rozwoju infrastruktury informatycznej nauki”. Jest liderem wprowadzania innowacyjnych technologii sieciowych w krajowej naukowej sieci POL-34/155/622, obecnie w sieci PIONIER - Polski Internet Optyczny.

Działalność PCSS jest wielopłaszczyznowa i obejmuje funkcje:

- dostawcy mocy obliczeniowej i systemów archiwizacji,
- dostawcy Internetu i usług sieciowych na poziomie międzynarodowym, ogólnopolskim i lokalnym,
- centrum badawczo-rozwojowego w zakresie sieci komputerowych nowych generacji, nowoczesnych aplikacji, portali oraz obliczeń równoległych i rozproszonych a także bezpieczeństwa systemów i sieci,
- jednostki integrującej i wdrażającej wyniki prac naukowych, tj. rozwijającej usługi przeznaczone dla administracji publicznej, medycyny, oświaty oraz sfery społecznej,
- ośrodka obliczeń komputerowych w środowisku metakomputera,
- centrum promocyjnego w zakresie nowoczesnej struktury informatycznej: sieciowej i obliczeniowej.

Ponadto PCSS jest:

- operatorem sieci miejskiej POZMAN,
- operatorem krajowej sieci PIONIER - Polski Internet Optyczny.

W tych ramach Centrum dostarcza całemu środowisku następujących usług:

- obliczenia dużej mocy,
- usługi komunikacyjne (poczta elektroniczna, telekonferencje, WWW, NEWS, itp.),
- archiwizacja plików,
- regionalne bazy danych (biblioteczne oraz informacji naukowej),
- usługi specjalizowane (laboratoria multimedialne w zakresie wizualizacji i animacji),
- dystrybucja i serwis oprogramowania.

Centrum Komputerów Dużej Mocy działające w ramach PCSS:

- udostępnia moc obliczeniową, przestrzeń dyskową i systemy archiwizacji dla nauki, biznesu i instytucji publicznych, notowane na liście najszybszych instalacji obliczeniowych na świecie TOP500,
- zasoby obliczeniowe obejmują systemy z pamięcią współużytkowaną i rozproszoną o różnych architekturach (wektorowo-równoległe, wieloprocessorowe SMP oraz klastry) połączonych szybkimi sieciami lokalnymi (InfiniBand, Gigabit Ethernet oraz FastEthernet),
- łączna moc obliczeniowa 23,9 TFlops, pamięć operacyjna 5 TB, przestrzeń dyskowa 157 TB i pamięć masowa 620 TB.

3. Metodologia przygotowania zakresu i programu studiów podyplomowych i szkoleń

Tematyka studiów podyplomowych i szkoleń oraz ich szczegółowe programy zostały określone na podstawie badań przeprowadzonych w dwu obszarach. Po pierwsze, w ramach ankiety opracowanej w celu zbadania zapotrzebowania środowiska wielkopolskich firm teleinformatycznych na innowacyjne technologie, zebrano również informacje dotyczące interesujących to środowisko szkoleń czy studiów podyplomowych. Wyniki wspomnianej ankiety zostały zamieszczone w raporcie " Nowe technologie ICT dla innowacyjnych przedsiębiorstw". Następnie dokonano przeglądu tematyki badawczej i oferty edukacyjnej krajowych jednostek naukowo – badawczych i naukowo – dydaktycznych w celu określenia puli tematów, które mogłyby zostać przedstawione w ramach poszczególnych wykładów. Przekrój tych dwu zbiorów informacji wyznaczył tematykę i program studiów podyplomowych oraz szkoleń.

Badania prowadzone były od czerwca 2009 do września 2010 r. włącznie. W badaniach uczestniczyły Politechnika Poznańska – Instytut Informatyki oraz Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe.

4. Studia podyplomowe

Studium podyplomowe trwa jeden semestr, podczas którego przeprowadzonych zostanie 120 godzin zajęć wykładowych i laboratoryjnych. Ze względu na niestacjonarny tryb prowadzenia studium, zajęcia będą odbywały się podczas zjazdów, przewidzianych na soboty i niedziele. W ciągu semestru odbędzie się 10 zjazdów po 12 godzin zajęć. Program studium obejmuje 5 przedmiotów o liczbie godzin zajęć od 12 do 48. Każdy przedmiot kończy się egzaminem – zaliczenie wszystkich egzaminów jest warunkiem uzyskania dyplomu ukończenia studium.

4.1. Rozproszone, współbieżne systemy informatyczne

Cel studium

Tworzenie rozproszonych i współbieżnych systemów informatycznych jest obecnie podstawową drogą zapewnienia środków do pozyskiwania, archiwizowania i przetwarzania olbrzymich ilości informacji cyfrowych, jakie generuje współczesny świat. Możliwości zwiększenia mocy obliczeniowej pojedynczego procesora zostały, jak na razie, wykorzystane do maksimum – bez przełomowych wynalazków w dziedzinie fizyki półprzewodników nie należy się spodziewać istotnego postępu. Jedynym rozwiązaniem problemu zwiększającego się lawinowo zapotrzebowania na moc obliczeniową jest więc zrównoleglenie (czyli uwspółbieżnienie) i rozproszenie procesów obliczeniowych. Realizacji tej strategii sprzyja istnienie ogólnoświatowej sieci komputerowej, która udostępnia usługi pozwalające na budowę rozproszonych, współbieżnych systemów informatycznych.

Celem studium podyplomowego "Rozproszone, współbieżne systemy informatyczne" jest zapoznanie uczestników z podstawami teoretycznymi informatycznych systemów rozproszonych i systemów współbieżnych oraz przedstawienie najnowszych technologii stosowanych przy tworzeniu takich systemów. Prezentowane zagadnienia dotyczyć będą systemów o różnej skali – od rozwiązań przeznaczonych dla pojedynczych komputerów wyposażonych w wielordzeniowe procesory, przez rozwiązania dla środowisk lokalnych do rozwiązań stosowanych w skali globalnej. Przedstawione zostaną również zasady tworzenia aplikacji dla urządzeń mobilnych, które to urządzenia stają się coraz bardziej popularne, oferując jednocześnie coraz to większe możliwości obliczeniowe. Każda wymiana informacji zagrożona jest przekłamaniami lub utratą danych spowodowanych przyczynami obiektywnymi lub celową działalnością osób trzecich. Stąd w ramach omawianego studium przedstawione zostaną również najnowsze technologie zabezpieczania danych.

Program studium

Lp.	Nazwa przedmiotu	W	L
1.	Współbieżne procesy obliczeniowe	14	4
2.	Technologie przetwarzania rozproszonego	32	6
3.	Sieć komputerowa Internet	32	6
4.	Aplikacje mobilne	10	4
5.	Bezpieczeństwo systemów współbieżnych i rozproszonych	8	4

Charakterystyka przedmiotów

1. Współbieżne procesy obliczeniowe

W ramach przedmiotu przedstawione zostaną przede wszystkim podstawowe pojęcia dotyczące przetwarzania równoległego, takie jak: współbieżność wewnętrzna systemów obliczeniowych, superskalarność, sieci połączeń komputerów równoległych, klasyfikacje i przykłady systemów równoległych. Kolejne zagadnienia to: wykorzystanie pamięci współużytkowanej i zapewnienie jej spójności (metody synchronizacji dostępu do zasobów współużytkowanych), komunikacja w systemach równoległych, zastosowanie odwzorowań grafowych do przydziału zadań procesorom. Następnie omówiona zostanie efektywność przetwarzania równoległego, w tym prawa Amdahla i Gustafsona.

Następna grupa zagadnień dotyczy zasad tworzenia algorytmów równoległych – przedstawione zostaną modele algorytmów równoległych, techniki podziału problemu, metody przydziału zadań.

Prezentacja najczęściej stosowanych środowisk programowych, umożliwiających przetwarzanie równoległe, pozwoli na realizację zajęć laboratoryjnych, w ramach których uczestnicy będą analizować możliwe do zastosowania metody opracowania równoległego rozwiązania danego problemu, przygotują oprogramowanie aplikacji współbieżnej i przeprowadzą eksperymenty obliczeniowe mające na celu ocenę opracowanego rozwiązania.

2. Technologie przetwarzania rozproszonego

Początkowa część wykładu poświęcona jest przedstawieniu podstawowych zagadnień przetwarzania rozproszonego. Omówione zostaną: stosowane architektury systemów rozproszonych, modele przetwarzania rozproszonego, mechanizmy wymiany komunikatów (zachowanie uporządkowania wiadomości), problemy zapewnienia spójności pamięci współużytkowanej (konstrukcja spójnego obrazu stanu globalnego, detekcja zakleszczenia rozproszonego, detekcja zakończenia przetwarzania rozproszonego). Kolejna grupa zagadnień dotyczyć będzie omówieniu usług udostępnianych przez rozproszone systemy operacyjne (synchronizacja zegarów w środowisku rozproszonym, zdalne wywoływanie procedur, rozproszone systemy plików,

usługi katalogowe) i rozproszone systemy baz danych (replikacja danych, protokoły spójności).

Druga część wykładu zawiera omówienie zaawansowanych technologii stosowanych przy tworzeniu rozproszonych, współbieżnych systemów informatycznych.

Klastry obliczeniowe – zasoby homogeniczne: architektura sprzętowo-programowa, model warstwowy, elementy sprzętowe – węzły obliczeniowe i węzły dostępowe, magistrale komunikacyjne. Systemy zarządzania klastrami obliczeniowymi: warstwa pośrednicząca klastra (zarządzanie zasobami, zarządzanie wykonywaniem zadań: podsystemy zgłaszania zadań oraz szeregowania zadań), standard MPI, standard PBS, oprogramowanie monitorujące. Skalowalność klastra, odporność na awarie: poszerzanie klastra o dodatkowe węzły, zastępowanie węzłów wadliwych. Wirtualne organizacje.

Systemy gridowe – zasoby heterogeniczne bez scentralizowanego nadzoru: klepsydrowy model architektury, zarządzanie danymi, tworzenie infrastruktury bezpieczeństwa, zarządzania wykonaniem aplikacji, budowa serwisów informacyjnych. Warstwa pośrednicząca: protokoły komunikacyjne, serwisy standardowe. Standard WSRF dla serwisów internetowych, standard OGSA – architektura systemów gridowych oparta na paradygmacie SOA. Zestaw narzędzi Globus Toolkit i jego przebudowa w celu uwzględnienia paradygmatu SOA.

Systemy chmur obliczeniowych (*cloud computing*) – zasoby homogeniczne (lub wirtualizowane heterogeniczne) ze scentralizowanym nadzorem. Analiza wybranych rozwiązań: Amazon Elastic Computer Cloud, Google App Engine, Windows Azure.

W ramach zajęć laboratoryjnych uczestnicy zapoznają się z narzędziami programowymi umożliwiającymi tworzenie klastrów obliczeniowych, systemów gridowych i chmur obliczeniowych.

3. Sieć komputerowa Internet

Podstawowe usługi sieci komputerowej: transmisja danych, usługi terminalowe, poczta elektroniczna, serwisy informacyjne, synchronizacja czasu, dostęp do informacji o użytkownikach. Podstawowe protokoły stosowane przy realizacji wymienionych usług. Krajowa sieć komputerowa PIONIER: topologia, media transmisyjne, usługi.

Globalna sieć komputerowa Internet: historia, standardy i protokoły, media transmisyjne globalne, narodowe, municypalne, regionalne, ostatniej mili. Narzędzia programistyczne służące tworzeniu i pozyskiwaniu zasobów internetowych: systemy operacyjne i systemy baz danych dla serwerów internetowych, języki i systemy programowania aplikacji internetowych, oprogramowanie narzędziowe, przeglądarki. Stan obecny sieci Internet: rozpowszechnienie, dane eksploatacyjne, zasoby, główne usługi.

Internet 2. Założenia i cele, media transmisyjne i protokoły (DCN), partnerzy i ich organizacja. Zaawansowane usługi sieci Internet2: cyfrowe biblioteki multimedialne globalne wideokonferencje, telemedycyna, zdalne nauczanie. Stan obecny przedsięwzięcia Internet2 w Polsce i na świecie.

Internet 3 – Internet semantyczny. Metadane semantyczne określające znaczenie danego zasobu sieciowego – standardy RFD, OWL, język zapytań SPARQL, mikroformaty (wzorce znaczników HTML stosownych przy zapisie określonego rodzaju

danych). Przykładowe metadane i mikroformaty (hCard, hCalendar itp.) Reguły wnioskowania stosowane w sieci semantycznej. Przykłady zapytań i wywiedzionych odpowiedzi (serwis True Knowledge).

W ramach zajęć laboratoryjnych uczestnicy zapoznają się z narzędziami programowymi umożliwiającymi tworzenie podstawowych zasobów sieci Internet oraz konstruowaniem stron zawierających informację semantyczną.

4. Aplikacje mobilne

Klasyfikacji systemów mobilnych, stosowanych w nich urządzeń i środków transmisji danych. Systemy łączności bezprzewodowej: podstawowe technologie i parametry transmisji, przykłady wykorzystania (przesyłanie danych, sieci lokalne, telefonia bezprzewodowa, itp.). Systemy komórkowe: standardy i technologie, urządzenia nadawcze i odbiorcze, udostępniane usługi, rozpowszechnienie. Systemy pozycjonujące: satelitarne systemy określania pozycji geograficznej, parametry udostępnianych danych, odbiorniki sygnałów satelitarnych, formaty przekazywanych danych. Systemy nawigacji na lądzie, wodzie i w powietrzu cywilne i dla zastosowań wojskowych. Systemy informacji geograficznej (GIS).

Systemy i języki programowania umożliwiające tworzenie aplikacji mobilnych: MS Visual Studio.NET, środowisko .NET Compact Framework, język programowania C#, środowisko J2ME, język programowania Java.

W ramach zajęć laboratoryjnych uczestnicy zapoznają się z narzędziami programowymi umożliwiającymi tworzenie aplikacji mobilnych (śledzenie pozycji, lokalna poczta bezprzewodowa itp.).

5. Bezpieczeństwo systemów współbieżnych i rozproszonych

Klasy bezpieczeństwa systemów komputerowych, polityka bezpieczeństwa, strategie autoryzacji i kontroli dostępu. Elementy kryptografii: szyfry symetryczne i asymetryczne, podpis cyfrowy. Bezpieczeństwo systemów operacyjnych: wirusy i inne programy niepożądane, zabezpieczenia programowe i sprzętowe. Bezpieczeństwo infrastruktury sieciowej: bezpieczeństwo protokołów poszczególnych warstw OSI, zapory sieciowe, bezpieczeństwo sieci bezprzewodowych i urządzeń mobilnych. Bezpieczeństwo systemów współbieżnych i rozproszonych: wysysanie danych, wstrzykiwanie błędów. Bezpieczeństwo usług sieciowych i aplikacji użytkowych, bezpieczne programowanie. Środowiska o podwyższonym bezpieczeństwie.

W ramach zajęć laboratoryjnych uczestnicy zapoznają się z metodami unikania ataków (umacnianie systemu operacyjnego, bezpieczne, prywatne sieci komputerowe) i tworzenia bezpiecznych aplikacji.

Literatura

1. M. Ben-Ari, Podstawy programowania współbieżnego i rozproszonego. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
2. Centrum informacyjne Systemów Gridowych <http://www.gridcomputing.com/>
3. W. R. Cheswick, Firewalle i bezpieczeństwo w sieci, Wydawnictwo Helion
4. M. Gabassi, B. Dupowy, Przetwarzanie rozproszone w systemie UNIX, Wydawnictwo Lapus
5. W. Hołubowicz, P. Płóciennik. Systemy łączności bezprzewodowej. Wydawnictwo Holkom
6. J. Januszewski, System GPS i inne systemy satelitarne w nawigacji morskiej, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Morskiej
7. A. Karbowski, E. Niewiadomska-Szynkiewicz (red), Obliczenia równoległe i rozproszone, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
8. M. Szmit, M. Gusta, M. Tomaszewski, 101 zabezpieczeń przed atakami w sieci komputerowej, Wydawnictwo Helion
9. S. Tanenbaum Rozproszone Systemy Operacyjne, Państwowe Wydawnictwa Naukowe
10. Z. Weiss, T. Gruzlewski, Programowanie współbieżne i rozproszone w przykładach i zadaniach. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne

4.2. Inteligencja obliczeniowa

Cel studium

Wraz z rozwojem informatyki systemy komputerowe w coraz to większym stopniu przestają być jedynie narzędziem przeprowadzania obliczeń czy archiwizowania i udostępniania danych, a coraz częściej pełnią rolę doradców, wspomagających procesy decyzyjne. Charakterystyczne dla człowieka procesy analizy danych, dedukcji, stawiania hipotez czy wnioskowania można obecnie w pewnym zakresie opisać za pomocą odpowiednich algorytmów i algorytmy te wykorzystać przy tworzeniu różnego rodzaju systemów doradczych czy eksperckich.

Celem studium podyplomowego "Inteligencja obliczeniowa" jest zapoznanie uczestników z najnowszymi metodami stosowanymi przy tworzeniu systemów informatycznych wspomagających procesy decyzyjne. Od wielu lat informatycy próbowali tworzyć algorytmy naśladowujące ludzki proces myślenia. W ramach zajęć przedstawione zostaną wyniki tych prób, najpierw w odniesieniu do procesu wnioskowania. Następnie uczestnicy zostaną zapoznani z metodami wielokryterialnego podejmowania decyzji, które to metody pozwalają na skonstruowanie wielowymiarowej przestrzeni reprezentującej różne aspekty podejmowanej decyzji i wybranie z tej

przestrzeni racjonalnego rozwiązania. Problemy szeregowania zadań to kolejny obszar zagadnień omawianych w ramach studium. Występują one powszechnie, na przykład jako problemy szeregowania w procesach produkcyjnych, finansowych, biznesowych czy obliczeniowych. Uzyskanie dokładnego rozwiązania trudnych obliczeniowo problemów, do których należą wymienione problemy wnioskowania czy decydowania, wymaga niekiedy niedopuszczalnie długiego czasu. Aby uzyskać poszukiwane rozwiązanie w racjonalnym okresie czasu, często stosuje się algorytmy heurystyczne, które w krótszym czasie dostarczają rozwiązań niekoniecznie optymalnych, ale akceptowalnych. Wypracowanie decyzji wymaga wiedzy, stąd rozwijane są metody uczenia maszynowego, za pomocą których system informatyczny może zgromadzić pewien zasób wiadomości i na jego podstawie formułować wnioski odnośnie nierozpoznanych jeszcze przypadków.

Program studium

Lp.	Nazwa przedmiotu	W	L
1.	Sztuczna inteligencja	14	4
2.	Wielokryterialne wspomaganie decyzji	32	6
3.	Szeregowanie zadań	32	6
4.	Metaheurystyki	10	4
5.	Uczenie maszynowe i sieci neuronowe	8	4

Charakterystyka przedmiotów

1. Sztuczna inteligencja

Pojęcia podstawowe: definicje sztucznej inteligencji, test Turinga, przestrzeń stanów i jej przeszukiwanie jako model procesu wnioskowania. Algorytmy wnioskowania (wnioskowanie wstecz, wnioskowanie w przód, przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań). Teoria gier i jej zastosowanie do wnioskowania (podstawowy model gry, drzewo gry, strategie minimaksowe). Reprezentacja wiedzy (rachunek predykatów, rezolucja, unifikacja, sieci semantyczne). Wnioskowanie w systemach regułowych – systemy ekspertyki. Przetwarzanie wiedzy niepewnej i niepełnej (wnioskowanie probabilistyczne, logika rozmyta, logiki niemonotoniczne).

W ramach zajęć laboratoryjnych uczestnicy będą zapoznawali się z metodami implementacji algorytmów wnioskowania w deklaratywnym języku programowania PROLOG.

2. Wielokryterialne wspomaganie decyzji

Sformułowanie problemu wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Atrybuty i kryteria - spójność rodziny kryteriów. Przebieg procesu wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Problemy wielokryterialnego wyboru, sortowania i porządkowania. Modele preferencji:

- funkcja użyteczności – metody UTAGMS, GRIP, UTADISGMS,
- relacja przewyższania – metody ELECTRE , TRI-ASSISTANT, PROMETHEE,
- zbiór reguł decyzyjnych i teoria zbiorów przybliżonych oparta na dominacji.

Porównanie podstaw aksjomatycznych wymienionych modeli preferencji. Techniki klasyczne i ewolucyjnej interaktywnej optymalizacji wielokryterialnej.

W ramach zajęć laboratoryjnych uczestnicy będą poszukiwali rozwiązań wielokryterialnych problemów decyzyjnych stosując specjalistyczne narzędzia programowe.

3. Szeregowanie zadań

Sformułowanie problemu szeregowania zadań – przykładowe zadania, zasoby, maszyny. Parametry zadań (nieprzerwalne, przerywalne) i zbiorów zadań (zależne, niezależne). Charakterystyka zasobów (niepodzielne, dyskretne, ciągłe). Charakterystyka maszyn (jednorodne, dedykowane). Pojęcie uszeregowania, klasyfikacja $\alpha|\beta|\gamma$. Systemy przepływowe i gniazdowe. Algorytmy wyznaczania uszeregowania.

W ramach zajęć laboratoryjnych uczestnicy będą wyznaczali optymalne uszeregowania dla przykładowych problemów praktycznych, korzystając z wyspecjalizowanych narzędzi programowych.

4. Metaheurystyki

Złożoność obliczeniowa: złożoność pamięciowa i czasowa, złożoność pesymistyczna i oczekiwana, problemy decyzyjne i optymalizacyjne. Klasy złożoności obliczeniowej i ich współzależności: klasa P, klasa NP, problemy NP-zupełne i NP-trudne. Algorytmy dokładne i heurystyczne. Algorytmy optymalizacji lokalnej, algorytmy przeszukiwania z listą tabu i symulowanego wyżarzania. Algorytmy ewolucyjne – programowanie genetyczne. Równoległe algorytmy ewolucyjne. Algorytmy mrówkowe, obliczenia molekularne, kwantowe, membranowe. Systemy hiperheurystyczne.

W ramach zajęć laboratoryjnych uczestnicy będą stosowali wybrane metaheurystyki do rozwiązywania trudnych problemów kombinatorycznych.

5. Uczenie maszynowe i sieci neuronowe

Podstawowe pojęcia maszynowego uczenia się. Systemy klasyfikujące – kryteria oceny. Uczenie się pojęć, uczenie przyrostowe, ukierunkowanie indukcyjne. Indukcja drzew decyzyjnych, indukacja reguł decyzyjnych. Grupowanie pojęciowe. Geneza sieci neuronowych oraz klasyfikacja podstawowych rodzajów sieci. Neuron liniowy i nieliniowy. Sieci wielowarstwowe i algorytm wstecznej propagacji błędów. Uczenie nienadzorowane sieci neuronowych. Sieć z funkcjami o symetrii kołowej. Indukcyjne programowanie logiczne. Uczenie się ze wzmocnieniem. Algorytmiczna teoria uczenia się. Systemy uczące się o zaawansowanej architekturze - klasyfikatory złożone. Geneza sieci neuronowych oraz klasyfikacja podstawowych rodzajów sieci. Neuron liniowy i nieliniowy. Sieci neuronowe (perceptron wielowarstwowy) – parametry sieci, wpływ wag na jakość aproksymacji, algorytmy uczenia. Uczenie nienadzorowane sieci neuronowych. Sieć z funkcjami o symetrii kołowej. Indukcyjne programowanie logiczne. Uczenie się ze wzmocnieniem. Algorytmiczna teoria uczenia się. Systemy uczące się o zaawansowanej architekturze - klasyfikatory złożone.

Literatura

1. J. Arabas, Wykłady z algorytmów ewolucyjnych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
2. J. Błazewicz, Złożoność obliczeniowa problemów kombinatorycznych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
3. L. Bolc, J. Cytowski, Metody przeszukiwania heurystycznego, Państwowe Wydawnictwo Naukowe
4. P. Cichosz, Systemy uczące się, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
5. D. E. Goldberg, Algorytmy genetyczne i ich zastosowania, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
6. K.Krawiec, J.Stefanowski, Uczenie maszynowe i sieci neuronowe, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej
7. G. Luger, Sztuczna inteligencja, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
8. Z. Michalewicz, Algorytmy genetyczne + struktury danych = programowanie ewolucyjne, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
9. B.Roy, Wielokryterialne wspomaganie decyzji, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
10. M. Siudak, Badania operacyjne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej

5. Szkolenia

Jednodniowe szkolenia będą składały się z 4 półtoragodzinnych jednostek, w ramach których omówione zostaną główne tematy szkolenia. Uzupełnieniem będzie przedstawienie możliwych obszarów zastosowań, przykładowych rozwiązań komercyjnych oraz istniejących wdrożeń.

5.1. Metody eksploracji danych

Cel szkolenia

Obecnie dostępne są środki techniczne umożliwiające rejestrowanie wielkich ilości danych i przechowywanie ich w hurtowniach danych. Eksploracja danych to zbiór metod umożliwiających analizowanie tych wielkich ilości danych i odkrywanie prawidłowości w nich zawartych. Można tu wyróżnić między innymi odkrywanie trwałych związków zachodzących pomiędzy danymi, wyznaczanie grup powiązanych ze sobą danych, odkrywanie sekwencji zachowań, odkrywanie podobieństw w przebiegach czasowych, selekcjonowanie zachowań skrajnych i nietypowych). Wiedza pozyskana dzięki eksploracji danych może wspomóc zarządzanie firmą i dostosowanie sposobu jej działalności do oczekiwań klientów.

Tematyka wykładów

1. Współczesne technologie systemów baz danych

Obiektowe bazy danych: podstawowe koncepcje modelu obiektowego, metody przechowywania i przekształcania trwałych obiektów, odwzorowanie relacyjno-obiektowe, architektura i implementacja. Aktywne bazy danych: model reguł ECA, schematy aktywności, dziedziny zastosowań. Strumieniowe bazy danych: strumieniowy model danych, architektura strumieniowych baz danych, problemy wydajności przetwarzania, zastosowania. Bazy danych czasu rzeczywistego.

2. Podstawowe pojęcia przetwarzania analitycznego i eksploracji danych

Model danych hurtowni danych - implementacja relacyjna (ROLAP) i wielowymiarowa (MOLAP). Specjalizowane struktury indeksowe, perspektywy zmaterializowane. Aplikacje analityczne. Aktywne hurtownie danych i hurtownie danych czasu rzeczywistego. Asocjacje, wzorce sekwencji i ich odkrywanie w hurtowniach danych. Klasyfikacja i grupowanie danych. Eksploracja tekstu i eksploracja sieci Internet.

3. Technologie eksploracji danych

Odkrywanie asocjacji: typy reguł asocjacyjnych, podstawowe algorytmy odkrywania reguł binarnych, wielopoziomowe i wielowymiarowe reguły asocjacyjne. Odkrywanie wzorców sekwencji: podstawowe algorytmy, odkrywanie wzorców sekwencji z ograniczeniami, uogólnione wzorce sekwencji. Klasyfikacja danych: metody klasyfikacji, kryteria oceny metod klasyfikacji, kryteria podziału, dokładność klasyfikacji. Grupowanie danych: klasyfikacja metod grupowania, metody grupowania hierarchicznego, metody grupowania iteracyjno- optymalizacyjne, podstawowe algorytmy grupowania. Eksploracja tekstu: reprezentacje tekstu, wyszukiwanie dokumentów, ukryte indeksowanie semantyczne. Eksploracja sieci Internet: klasyfikacja metod, podstawowe algorytmy rankingu stron, eksploracja dzienników.

Literatura

1. Eksploracja danych, <http://www.eksploracja.net/>
2. D. Hand, H. Mannila, P. Smith, Eksploracja danych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
3. D. T. Larose, Odkrywanie wiedzy z danych, Państwowe Wydawnictwo Naukowe
4. T. Morzy, Eksploracja danych: problemy i rozwiązania, http://www.ploug.org.pl/konf_99/pdf/7.pdf
5. C. Todman, Projektowanie hurtowni danych. Zarządzanie kontaktami z klientami, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne

5.2. Technologie programowania gier komputerowych

Cel szkolenia

Rynek gier komputerowych jest jedną z najszybciej rozwijających się branż przemysłu informatycznego. Współczesne gry komputerowe stawiają ekstremalne wymagania zarówno sprzętowi informatycznemu (procesory, karty graficzne, pamięci) jak i systemom programowania. Co więcej wymagania stawiane przez twórców gier komputerowych są istotnym czynnikiem postępu w zakresie sprzętu i oprogramowania. Znajomość specyficznych technologii stosowanych przy programowaniu gier pozwoli firmom informatycznym na włączenie się do tego olbrzymiego i lukratywnego segmentu rynku.

Tematyka wykładów

1. Podstawowe pojęcia grafiki komputerowej

Grafika rastrowa i wektorowa. Reprezentacja przestrzeni trójwymiarowej na płaszczyźnie: rzutowanie, kamera i wirtualne studio. Modelowanie brył, krzywych i powierzchni. Światło i barwa w grafice komputerowej. Modelowanie oświetlenia, cieniowanie, oświetlenie globalne. Animacja.

3. Technologie programowania gier

Klasyfikacja gier komputerowych (gry logiczne, gry strategiczne RTS, strategie turowe, gry przygodowe, gry symulacyjne, gry zręcznościowe, gry RPG). Algorytmy i techniki wykorzystywane w grach komputerowych. Język programowania C++. Specjalizowane biblioteki do programowania gier (np. SDL, OpenGL, ActiveX), silniki wspomagające grafikę (np. OGRE3D) oraz fizykę (np. NewtonSDK, ODE). Zaawansowane mechanizmy w grafice 3D (np. pixel i vertex shaker). Implementacja interfejsu sieciowego oraz sztucznej inteligencji na potrzeby gier.

4. Sprzęt komputerowy

Karty i procesory graficzne, konsole gier, sprzęt dodatkowy (np. manipulatory, kierownice, okulary 3D)

Literatura

1. D. M. Bourg Fizyka dla programistów gier, , O'Reilly & Associates
2. M. DeLoura, Perełki programowania gier t. 1, 2 i 3, Wydawnictwo Helion
3. K. Dempski, DirectX rendering w czasie rzeczywistym, Wydawnictwo Helion
4. K. Hawkins, D. Astle, OpenGL programowanie gier, Wydawnictwo Helion
5. B. M. Teixeira de Sousa, Programowanie gier. Kompendium, Wydawnictwo Helion

5.3. Zwinne metodyki inżynierii oprogramowania

Cel szkolenia

Stosowanie zwinnych metodyk wytwarzania oprogramowania (*Agile Development*) to obecnie jedna z najpopularniejszych metodologii zarządzania projektami programistycznymi. Metodyka ta jest szczególnie użyteczna dla małych zespołów programistycznych, w których, z racji ułatwionej komunikacji, nie ma potrzeby tworzenia rozbudowanej dokumentacji projektowej. Metodyki zwinne opierają się na iteracyjnej realizacji kolejnych etapów projektu przy intensywnej współpracy między członkami zespołu projektowego i klientami.

Tematyka wykładów

1. Podstawowe pojęcia inżynierii oprogramowania

Fazy produkcji oprogramowania: specyfikacja, analiza, projektowanie, implementacja, testowanie i walidacja, konserwacja i rozwój. Podstawowe modele procesu wytwarzania oprogramowania: kaskadowy, spiralny. Metody testowania poprawności oprogramowania. Metody oceny złożoności oprogramowania, kontrola jakości oprogramowania. Modele CMM, CMMI, standardy ISO.

2. Klasyczne metodyki wytwarzania oprogramowania

Metodyki PRINCE i PRINCE2. Podstawowe etapy wytwarzania oprogramowania. Faza rozpoczęcia: wybieranie zespołu kierowniczego, przygotowywanie szkicu projektu i podejścia do projektu, planowanie fazy inicjacji. Faza inicjacji: planowanie projektu, praca nad uzasadnieniem biznesowym i ryzykiem, ustalanie sposobu nadzoru i nazw plików projektu, tworzenie dokumentu inicjacji projektu. Etapy właściwej realizacji projektu (każdy etap posiada listę oczekiwanych produktów i jest nadzorowany wg własnego planu). Zamknięcie: uzyskaniem akceptacji klienta, identyfikacja dalszych akcji, ewaluacja projektu.

3. Zwinne metodyka wytwarzania oprogramowania

3.1. Programowanie ekstremalne - eXtreme Programming

Wdrażanie programowania zwinnego: techniki programowania ekstremalnego, członkowie zespołu XP, zarządzanie zespołem, angażowanie klienta w proces wytwórczy, tworzenie raportów, udostępnianie kolejnych wersji systemu, standardy pisania kodu, testowanie i usuwanie błędów, optymalizacja wydajności programu.

3.2. Metodyka XPince - eXtreme PRogramming IN Controlled Environments

Struktura zespołu, role i uprawnienia jego członków. Podstawowe etapy realizacji projektu: rozpoczęcie projektu (ustanowienie zespołu zarządzającego, opracowanie wizji systemu, planowanie fazy inicjacji), inicjacja projektu (analiza zagadnienia, przypadki użycia, planowanie początkowej architektury, opracowanie pełnego planu projektu wraz z analizą biznesową, ustalenie kanałów komunikacyjnych i środowiska zarządzania projektem, opracowanie planu elaboracji), faza elaboracji (opracowanie i udostępnianie kolejnych wydań tworzonego systemu), zamknięcie projektu (identyfikacja dalszych działań, ocena projektu).

3.3. Inne metodyki zwinne

Metodyka Crystal, projektowanie zorientowane na właściwości, modelowanie zwinne, adaptacyjny rozwój oprogramowania, metodyka scrum, metodyka prototypowania, szybkie programowanie internetowe, pragmatyczne programowanie.

Literatura

1. A. Elssamadisy, Agile. Wzorce wdrażania praktyk zwinnych, Wydawnictwo Helion
2. Metodyka XPrince, http://xprince.net/xprince_folder
3. Ł. Olek, Równowaga między zwinnością a dyscypliną z wykorzystaniem XPrince, <http://www.inmost.org.pl/articles/>
4. M. C. Robert, M. Martin, Agile. Programowanie zwinne: zasady, wzorce i praktyki zwinnego wytwarzania oprogramowania w C#, Wydawnictwo Helion
5. J. Shore, S. Warden, Agile Development. Filozofia programowania zwinnego, Wydawnictwo Helion

5.4. Metody konstruowania algorytmów dla złożonych problemów obliczeniowych

Cel szkolenia

Systemy informatyczne są obecnie w coraz to większym stopniu tworzone dla zastosowań, w których głównym problemem nie jest ilość danych wymagających przetwarzania lecz wielka złożoność obliczeniowa algorytmów niezbędnych dla rozwiązania postawionego zadania. Duża złożoność algorytmów powoduje skokowe zwiększenie czasu przetwarzania, co powoduje, iż uzyskany po długim czasie wynik jest już

niekiedy niepotrzebny. Projektant systemu informatycznego powinien posiadać umiejętność rozpoznania złożonych problemów obliczeniowych i zastosowania do ich rozwiązania odpowiednich algorytmów.

Tematyka wykładów

1. Złożoność obliczeniowa

Pojęcie złożoności obliczeniowej: złożoność czasowa, złożoność pamięciowa, operacja dominująca, złożoność pesymistyczna, złożoność oczekiwana, problemy decyzyjne i optymalizacyjne. Notacje określające złożoność obliczeniową, rzędy złożoności obliczeniowej. Klasy złożoności obliczeniowej i ich współzależności: klasa P, klasa NP, problemy NP-zupełne i NP-trudne. Ustalanie klasy złożoności obliczeniowej problemu.

2. Algorytmy dokładne i heurystyczne

Metody układania algorytmów: zstępująca, zachłanna, dziel i zwyciężaj, z nawrotami. Programowanie dynamiczne. Reprezentacje grafowe i algorytmy grafowe: wyznaczanie najkrótszych dróg w grafie, wyznaczanie odległości między wszystkimi parami wierzchołków. Przepływy w sieciach. Algorytmy heurystyczne: symulowane wyżarzanie, przeszukiwanie z listą tabu, algorytmy genetyczne.

3. Metody optymalizacji

Klasyfikacje zadań optymalizacji, metody rozwiązywania zadań optymalizacji statycznej. Podstawowe własności zadania programowania liniowego. Podstawy metod optymalizacji bez ograniczeń. Metody i algorytmy rozwiązywania zadań optymalizacji z ograniczeniami.

Literatura

1. J. Błażewicz, Złożoność obliczeniowa problemów kombinatorycznych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
2. L. Banachowski, A. Kreczmar, Elementy analizy algorytmów, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
3. C.H. Papadimitriou, Złożoność obliczeniowa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
4. Stachurski, A. Wierzbiński, Podstawy optymalizacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
5. N. Wirth, Algorytmy i struktury danych = programy, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne

5.5. Modelowanie i analiza systemów informacyjnych

Cel szkolenia

Wielkie przedsiębiorstwa, posiadające liczne oddziały i prowadzące działalność w zakresie różnych branż wymagają złożonych systemów informatycznych, pozwalających na wszechstronne zarządzanie wszystkimi procesami decyzyjnymi i produkcyjnymi. Punktem wyjścia przy tworzeniu takiego systemu jest przeprowadzenie dokładnej analizy i opracowanie szczegółowego modelu. Poprawność tej fazy ma decydujący wpływ na jego jakość końcową, a błędy popełnione przy konstruowaniu modelu uniemożliwiają niekiedy zakończenie projektu informatycznego i przekazanie systemu do eksploatacji.

Tematyka wykładów

1. Podstawowe pojęcia modelowania i analizy systemów

Modelowanie systemów biznesowych: procesy biznesowe, metody i narzędzia opisów procesów biznesowych, modelowanie procesów biznesowych, modele referencyjne dla różnych architektur. Narzędzia informatyczne wspomagające modelowanie. Zarządzanie procesami biznesowymi. Modele fazy procesów projektowania systemów informatycznych. Zapewnienie komunikacji pomiędzy biznesem (inżynieria biznesowa) a IT (inżynieria oprogramowania).

2. Systemy informatyczne dla zarządzania przedsiębiorstwem

Systemy klasy ERP: podstawowe pojęcia i definicje, główne moduły, ewolucja, kierunki rozwoju. Systemy CRM (zarządzanie relacjami z klientem), systemy SCM - zarządzanie łańcuchem dostaw, systemy KM - zarządzanie wiedzą. Business Intelligence. Tworzenie aplikacji dla zarządzania przedsiębiorstwem: środowisko projektowe systemu SAP R/3, zasady tworzenia aplikacji (w tym dialogowych), podstawy programowania w systemie SAP R/3 przy zastosowaniu specjalizowanych języków programowania i środowiska wizualnego. Platforma SAP Neatweaver.

3. Wprowadzenie do logistyki i planowania produkcji

Podsystemy logistyki: obsługa zamówień, zarządzanie zapasami, magazyn, opakowanie, transport. Zarządzanie w logistyce: zarządzanie transportem wewnętrznym, zarządzanie magazynem, zarządzanie przepływem materiałów, zarządzanie zasobami, zarządzanie łańcuchem dostaw. Zagadnienie transportowe, uogólniony problem transportowy. Problem załadunku dla elementów podzielnych i niepodzielnych oraz dla

różnych typów elementów. Algorytmy dla problemu załadunku. Optymalizacja: dystrybucji produktu, lokalizacji zakładów produkcyjnych, kosztu transportu, wielkości zamówienia.

Literatura

1. P. Adamczewski, Zintegrowane Systemy Informatyczne w Praktyce, Wydawnictwo Mikom
2. J.J. Cole, E.J. Bardi, C.J. Langley, Zarządzanie logistyczne, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne
3. T. Kasprzak, Modele referencyjne w zarządzaniu procesami biznesu, Wydawnictwo Difin
4. R. Klaus, Modelowanie procesów biznesowych, Wydawnictwo MicroMax
5. J. Płodzień, E. Stemposz, Analiza i projektowanie systemów informatycznych, Polsko Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych
6. H.-Ch. Pohl, Systemy logistyczne, Instytut Logistyki i Magazynowania

6. Podsumowanie i wnioski

Zaproponowany zakres i program studiów podyplomowych i szkoleń odpowiada na aktualne wyzwania stawiane przed branżą teleinformatyczną.

Cel studium podyplomowego "Rozproszone współbieżne systemy informatyczne", sformułowany w punkcie 4.1, to zapoznanie uczestników z najnowszymi osiągnięciami teoretycznymi i nowymi technologiami dotyczącymi systemów współbieżnych i rozproszonych. Zadanie to jest realizowane za pomocą wykładów dotyczących: współbieżnych procesów obliczeniowych, technologii przetwarzania rozproszonego (w tym systemy *cloud computing* i *grid*), sieci komputerowej Internet (z uwzględnieniem technologii Internet 2 i Internet 3), aplikacji mobilnych oraz bezpieczeństwa systemów współbieżnych i rozproszonych. Wykłady uzupełniane są ćwiczeniami laboratoryjnymi, podczas których uczestnicy mają możliwość praktycznego zapoznania się z omawianymi technologiami stosując wyspecjalizowane narzędzia programowe.

Dla studium podyplomowego "Inteligencja obliczeniowa" określono w punkcie 4.2 cel przewidujący zapoznanie uczestników z najnowszymi metodami stosowanymi przy tworzeniu systemów informatycznych wspomagających procesy decyzyjne. Aby ten cel osiągnąć przewidziano wykłady dotyczące sztucznej inteligencji, wielokryterialnego wspomaganie decyzji, szeregowanie zadań, stosowania algorytmów metaheurystycznych oraz uczenia maszynowego i sieci neuronowych. Ćwiczenia laboratoryjne towarzyszące

wymienionym wykładom pozwolą uczestnikom na zapoznanie się z wyspecjalizowanymi systemami inteligencji obliczeniowej.

Rolą jednodniowych szkoleń, których tematykę przedstawiono w niniejszym raporcie jest zapoznanie uczestników z najnowszymi metodami stosowanymi przy tworzeniu systemów informatycznych. Szkolenia te dotyczą: metod eksploracji danych, technologii programowania gier komputerowych, zwinnych metodyk inżynierii oprogramowania, metod konstruowania algorytmów dla złożonych problemów obliczeniowych, modelowania i analizy systemów informatycznych.

Przeprowadzenie zarysowanego w tym raporcie programu doształcania pracowników firm zrzeszonych w Wielkopolskim Kłastrze Teleinformatycznym podniesie zapewne stopień zaawansowania produktów oferowanych przez te firmy, a tym samym zwiększy poziom konkurencyjności tych firm.