



SUPERKOMPUTERY DO WSPOMAGANIA PROCESÓW GOSPODARCZYCH ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM SEKTORA BANKOWEGO

Honorata Balicka, Jerzy Balicki, Waldemar Korlub, Jacek Paluszak, Marcin Zadroga

Streszczenie

W artykule omówiono wykorzystanie superkomputerów do wspomagania procesów gospodarczych ze szczególnym uwzględnieniem sektora bankowego. Odniesiono się do wybranych projektów wspierających rozwój gospodarczy w oparciu o superkomputery. W szczególności zaproponowano zastosowanie HPC do implementacji wybranych metod sztucznej inteligencji w bankowości, w tym oceny ryzyka wybranych przedsięwzięć. Zaproponowane podejście umożliwia znaczący wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw, w tym banków, poprzez dodanie zaawansowanych funkcjonalności.

Słowa kluczowe: superkomputery, informatyczne systemy bankowe, sztuczna inteligencja

Wstęp

Plan stymulacji gospodarki USA, który nakreślono na najbliższe lata przewiduje wydatki rządu miliardów dolarów na poprawę infrastruktury informacyjnej i wirtualnych autostrad w celu poprawienia dostępu do komputerów o wysokiej wydajności. Oszacowano, że na korzystanie z superkomputerów do wspomagania gospodarki sektor publiczny i prywatny przeznaczył ponad 10 mld dolarów już w 2007 roku, a dynamika rocznego przyrostu wydatków była na poziomie 9% rocznie. W rezultacie sektor obliczeń na superkomputerach dla celów gospodarczych osiągnął około 15 dolarów mld USD przychodów w 2012 roku.¹

Nie są to kwoty duże, gdyż od września 2008 roku rząd USA wydał 150 miliardów dolarów, aby uchronić firmę z branży ubezpieczeń *American International Group Inc* przed bankructwem. Wydatki na obronność przekraczają 500 miliardów USD rocznie, a na ratowanie sektora bankowego Kongres Stanów Zjednoczonych błyskawicznie uchwalił pomoc w wysokości ponad 700 mld USD.² Tymczasem zasoby superkomputerów są niedostępne dla wielu firm

¹ Zarys strategii gospodarczej USA, <http://www.whitehouse.gov/economy>, dostęp: 29.11.2014

² Portal Kongresu Stanów zjednoczonych, <http://www.house.gov/>, dostęp: 29.11.2014

amerykańskich, które mogłyby skorzystać z dostępnych nowych możliwości do uzyskania przewagi konkurencyjnej w odniesieniu do firm zagranicznych. Można zatem wnioskować, że efektywne wykorzystanie superkomputerów do wspomagania procesów gospodarczych stanowi istotną determinantę wzrostu gospodarczego. Ponadto należy się spodziewać zwiększenia nakładów finansowych na projekty wspomagającego tej klasy zastosowania komputerów.

Oczywiście jest to istotny sygnał dla polskiego biznesu oraz krajowego sektora IT. Warto podkreślić, że amerykańskie agencje federalne finansują rozwój superkomputerów, takich jak *Roadrunner* firmy *IBM*, który wiosną 2008 roku stał się pierwszą maszyną na świecie o wydajności 1 petaflops/s (kwadryliony operacji na sekundę). Natomiast od dwóch lat najszybszym komputerem na świecie jest *Tianhe-2* z *China's National University of Defense Technology* o wydajności 34 petaflops/s. Jednakże na drugim i trzecim miejscu plasują się superkomputery amerykańskie o łącznej mocy obliczeniowej przekraczającej możliwości chińskiego systemu. Polski najszybszy komputer *Zeus* eksploatowany jest w Akademickim Centrum Komputerowym CYFRONET AGH w Krakowie.

Superkomputery mogą zapewnić wirtualizację w rodzaju *Second Life* dla specjalistów w zakresie transportu, handlu, marketingu czy technologii. Zamiast budować fizyczne modele nowych systemów lub produktów, użytkownicy mogą tworzyć te modele w środowiskach wirtualnych, a następnie użyć wysokiej mocy obliczeniową superkomputerów, aby w krótkim czasie sprawdzić, jak projektowane produkty będą się sprzedawać lub użytkować. W ten sposób można zaoszczędzić kilka tygodni lub nawet miesięcy na etapie projektowania i testowania, uzyskując krytyczną przewagę nad konkurentami.

W pracy omówiono efektywne wykorzystanie superkomputerów w gospodarce. Ponadto scharakteryzowano zadania edukacji w zakresie wykorzystania chmur obliczeniowych i superkomputerów. Odniesiono się do zastosowań superkomputerów w Europie, a także do wirtualizacji i modelowania za pomocą procesorów graficznych. Na zakończenie zaproponowano wykorzystanie superkomputerów w bankowości w zakresie wybranych metod sztucznej inteligencji.

1. Efektywne wykorzystanie superkomputerów

Zasadniczy problem w wykorzystaniu możliwości obliczeń o wysokiej wydajności HPC (ang. *High-Performance Computing*) przez firmy biznesowe, które tworzą przecież miejsca pracy, jest brak przygotowanej kadry projektantów tej klasy aplikacji. Tysiące firm mogłyby potencjalnie skorzystać z superkomputerów, ale nie mogą sobie na to pozwolić, pozostawiając swój potencjał gospodarczy w dużej mierze niewykorzystany.

Powyższe skłoniło niektóre uczelnie i instytucje naukowe w USA do uruchomienia projektów, które zapewnią firmom dostęp do systemów o wysokiej wydajności, a także pomoc techniczną. Warto wspomnieć o projekcie *Centrum Superkomputerów Ohio* w *Columbus* oraz *Instytutu Spawalnictwa im. Edisona*, który prowadzi badania nad zastosowaniami technologii spawalniczych w gospodarce.

W jednej z wytworzonych aplikacji na superkomputery webowy interfejs użytkownika udostępnia inżynierom w firmach szeroki zakres danych dotyczących łączenia różnych materiałów. Inżynierowie mogą prowadzić symulacje, które z niewielkim opóźnieniem pokazują, w jaki sposób niektóre spawy będą się zachowywały przy zadanych obciążeniach konstrukcji. Aplikacja udostępnia zasoby HPC za pomocą przeglądarki, bez potrzeby stosowania czasochłonnego i zaawansowanego programowania. Stwierdzono, że modelowanie i symulacja mogą znacząco zwiększyć konkurencyjność produkcji w oparciu o tej klasy aplikacje. Wydaje się zatem, że umiejętne wykorzystanie oprogramowania na superkomputery może poprawić konkurencyjność także polskiego przemysłu stoczniowego.

Udanym projektem jest również projekt rządowy realizowany przez *Indiana University* i *Purdue University*, aby udostępnić moc obliczeniową z centrum *IBM Indiana* dla firm w przemyśle farmaceutycznym i samochodowym, które już mają spore doświadczenia odnośnie tego, co wysokiej klasy systemy informatyczne mogą dostarczyć użytkownikom. W szczególności możliwe jest udostępnienie standardowych pakietów oprogramowania, jak również przyjaznych narzędzi do implementacji własnego kodu aplikacji. Ważna jest także pomoc specjalistyczna w zrównoleglaniu aplikacji.

Współczesna gospodarka opiera się na intensywnym wykorzystaniu innowacji. Prognozuje się, że liczba innowacji podwoi się w ciągu najbliższych czterdziestu lat. Ważnym zastosowaniem superkomputerów jest weryfikacja projektów wzorów użytkowych pod kątem praw autorskich. Weryfikacja jest niezbędnym zadaniem wykonywanym przez korporacyjnych radców prawnych po to, aby upewnić się, że zastrzeżony produkt nie będzie naruszał praw autorskich oraz licencji innych firm. Aplikacja powyższej klasy na superkomputery jest jednym ze sprawdzonych systemów realizowanych w centrum obliczeniowym *IBM Indiana*.

Rolę, jaką może odegrać technologia HPC w rozwoju nowych możliwości gospodarczych ilustruje rządowy projekt realizowany przez *Louisiana State University* w celu zapewnienia jakości w projektowaniu gier komputerowych i innego interaktywnego oprogramowanie rozrywkowego. Projekt realizowany jest wspólnie z *Electronic Arts Inc* z *Kalifornii*. Projekt powiązany jest z rozwojem mediów cyfrowych, który obejmuje akademickie badania z zakresu wizualizacji za pomocą superkomputerów.

Powodem zaangażowania dużej ilości państwowych środków finansowych jest chęć zbudowania gospodarki opartej na wizualizacji i wirtualizacji produktów. Duże nadzieje wiąże się z wynikami tego podejścia, nawet do tego stopnia, że poważnie wypowiada się opinie o nowej sile napędowej gospodarki. Ten etap na drodze do gospodarki opartej na wiedzy jest już możliwy, gdyż opracowano architekturę komputerów, oprogramowanie i infrastrukturę sieci, która obsługuje środowisko tego rodzaju działalności gospodarczej.

2. Edukacja w zakresie wykorzystania chmur obliczeniowych i HPC

Cloud computing oferuje alternatywny sposób na uzyskanie dostępu do zasobów superkomputerów, który także może być zastosowany do wspomagania procesów przemysłowych. Naukowcy z *Rice University* w Houston używali w tym celu usług dostępnych w chmurach: *Amazon.com Inc Elastic Compute Cloud* oraz *EC2*. Zauważyli jednak, że dostęp do mocy obliczeniowej HPC jest tylko jednym z aspektów tego problemu. Przede wszystkim aplikacje gospodarcze muszą być dostosowane do pracy w środowiskach równoległych, co powoduje, że rośnie zapotrzebowanie na projektantów umiających adaptować tej klasy systemy.

Wykładowcy z *Rice University* prowadzą niedrogie i łatwo dostępne szkolenia na temat programowania równoległego. W ramach tego projektu odpowiednie książki można pobrać w Internecie, przy czym niektóre z nich powstają w drodze konkursu na autorów książek o równoległych zagadnieniach obliczeniowych. Z uniwersytetem współpracują firmy *Chevron Corp*, *Sun Microsystems Inc* i *Nvidia Corp*, które wspomagają projekt oraz dążą do pozyskania wysokokwalifikowanych współpracowników.

Szczególnie zaangażowane w liczne projekty HPC są amerykańskie banki inwestycyjne, które zatrudniają niemal wszystkich absolwentów uczelni z umiejętnością modelowania komputerowego. To podejście obserwuje się także w odniesieniu do innych sektorów gospodarki. Na przykład, *Purdue University* udostępnia interaktywny portal klasy *Web 2.0* o nazwie *Hubzero.org*, który jest używany do edukacji środowisk naukowych pod kątem korzystania z interaktywnych narzędzi symulacyjnych.

Panuje przekonanie, że gospodarka amerykańska odnosi sukcesy ze względu na agresywną absorpcję technologii. Obawy o konkurencję rynkową stanowią jeden z powodów dynamicznej

go wzrostu wykorzystania superkomputerów. Warto zauważyć, że także producenci z Azji wspomagają swoje działania za pomocą superkomputerów do opracowania produktów, co skutkuje m.in. kłopotami niektórych amerykańskich firm.

W ramach gospodarczego pakietu stymulacyjnego nastąpiło finansowanie w USA laboratoriów i ośrodków badawczych, a także uczelni wyższych w zakresie HPC. Ponadto zainteresowanie modelowaniem klimatu spowodowało duże postępy w rozwoju superkomputerów. Również duże nadzieje pokłada się w finansowaniu edukacji, która mogłaby pomóc w gospodarczym wykorzystaniu superkomputerów.

Rada ds. Konkurencyjności w Waszyngtonie, w skład której wchodzi przedstawiciele dużych firm i uczelni, rekomenduje upowszechnienie HPC w gospodarczych zastosowaniach jako ważny cel na najbliższe lata. W szczególności *Rada* wezwała rząd federalny do ożywienia amerykańskiego sektora obrony, który rozwija technologie „podwójnego zastosowania”, do udostępnieniu mocy obliczeniowej swoich superkomputerów dla amerykańskich producentów, innowatorów i przedsiębiorców. *Rada ds. Konkurencyjności* podkreśla, że postrzega technologię HPC jako jeden z aktywów strategicznych kraju.

3. Zastosowania superkomputerów w Europie

Europejska sieć superkomputerów *DEISA* (ang. *Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications*) umożliwi naukowcom modelowanie syntezy jądrowej ze szczególnym uwzględnieniem symulacji eksploatacji reaktorów termojądrowych. Wykorzystanie superkomputerów zapewnia akcelerację badań nad zaspokojeniem potrzeb energetycznych Europy i w pewnym sensie doprowadzenie do uniezależnienia się od dostaw gazu i ropy naftowej. Powyższy cel jest bardzo prawdopodobny do osiągnięcia, tym bardziej, że energia uwolniona z jednego grama szeroko dostępnego paliwa do syntezy jądrowej odpowiada energii otrzymanej z jedenastu ton węgla. Symulacje syntezy jądrowej oraz badanie właściwości materiałów za pomocą HPC jest konieczne, aby możliwe było wykonywanie rzeczywistych eksperymentów w dziedzinie syntezy jądrowej. Ważne jest, aby eksperymenty z wykorzystaniem energii termojądrowej były bezpieczne i spełniały standardy ekologiczne.

Rozproszona Europejska Infrastruktura dla Aplikacji Superkomputerowych DEISA wykorzystuje sieć komputerową *GÉANT2*, która umożliwi wymianę danych z intensywnością 10 Gb/s. *DEISA* udostępnia wysokowydajne usługi komputerowe i moc obliczeniową 12 ze 100 najszybszych superkomputerów na świecie, tworząc potężne, jednorodne i łatwe w obsłudze środowisko superkomputerowe.

Europejska agencja *Euratom* planuje zbudowanie reaktora *ITER* (z łac. ścieżka), w *Cadarache* na południu Francji. Celem światowego projektu badawczego *ITER* jest weryfikacja, czy synteza jądrowa może być ekologicznym, bezpiecznym i trwałym źródłem energii. Unia Europejska zapewnia prawie połowę środków finansowych, obok współfinansowania z Japonii, Chin, Indii, Korea Płd., Rosji i USA.

Warto także wspomnieć, że naukowcy wykorzystali infrastrukturę superkomputerową w ramach realizacji projektu finansowanego ze środków UE na badania nad wpływem turbulencji wody morskiej na infrastrukturę rurociągów i platform. Prace mogą doprowadzić do poprawy konstrukcji platform z prawdopodobnymi korzyściami dla środowiska naturalnego i bezpieczeństwa pracowników.

Turbulencje mogą być poważnym problemem, gdy woda przepływa wokół platformy lub rurociągu, tworząc małe wiry z dużą intensywnością. W konsekwencji wiry wodne wywierają ogromną siłę na zabezpieczeniach infrastruktury, indukując wibracje. Im większe turbulencje, tym większe są drgania spowodowane wirami. Nawet w warunkach relatywnie niewielkiego falowania zachodzą drgania. W strukturach podwodnych szybów naftowych, takich jak morskie rury pionowe i rurociągi na platformach wiertniczych, problem jest bardzo poważny.

Konstrukcje tego rodzaju często są narażone na duże i szkodliwe obciążenia. Naukowcy starają się wypracować wystarczająco szczegółową wiedzę na temat interakcji między turbulencjami wody morskiej a elementami konstrukcyjnymi, aby opracować nowe sposoby projektowania rurociągów, które minimalizują występowanie wibracji. W tym celu poddano analizie działania modelu turbulencji za pomocą symulacji komputerowej dla różnych scenariuszy, co w rzeczywistości jest ogromnym i skomplikowanym zadaniem. Dynamika płynów jest jednym z najtrudniejszych problemów w matematyce i informatyce, gdyż nawet dla stosunkowo niewielkich turbulencji, zapotrzebowanie algorytmów symulacji na moc obliczeniową może przekroczyć wydajność najpotężniejszych superkomputerów.

PRACE (ang. *the Partnership for Advanced Computing in Europe*) to kolejny ważny projekt europejski, którego celem jest zbudowanie infrastruktury o wydajności 1 exaflops/s. Aktualnie w skład podstawowej infrastruktury wchodzi 5 superkomputerów o wydajności co najmniej 1 petaflopsa/s. Istotnym wymaganiem narzuconym na architekturę komputerów jest ich niewielkie zużycie energii elektrycznej.

Tablica 1. Europejskie superkomputery w ramach projektu *PRACE*

Nazwa superkomputera	Nazwa centrum, kraj	Architektura	Moc obliczeniowa
<i>MareNostrum</i>	<i>BSC, Hiszpania</i>	<i>iDataPlex</i>	1 Petaflops/s
<i>CURIE</i>	<i>GENCI@CEA, Francja</i>	<i>Bullx cluster</i>	2 Petaflops/s
<i>FERMI</i>	<i>CINECA, Włochy</i>	<i>BlueGene/Q</i>	2 Petaflops/s
<i>SuperMUC</i>	<i>GCS@LRZ, Niemcy</i>	<i>iDataPlex</i>	3 Petaflops/s
<i>Hermit</i>	<i>GCS@HLRS, Niemcy</i>	<i>Cray XE6</i>	5 Petaflops/s
<i>JUQUEEN</i>	<i>GCS@FZJ, Niemcy</i>	<i>BlueGene/Q</i>	5.87 Petaflops/s

Źródło: opracowanie własne.

4. Wirtualizacja i modelowanie z wykorzystaniem kart graficznych

W ostatnich latach jednym z głównych trendów w dziedzinie zwiększania wydajności superkomputerów jest wykorzystanie kart graficznych GPU (ang. *Graphics Processing Unit*) do wirtualizacji i realizacji obliczeń ogólnego przeznaczenia. Karty graficzne są w zasadzie przeznaczone do wyświetlania obrazu na ekranie komputera. Składają się z wielu jednostek wykonawczych, które mogą równolegle przetwarzać zbiory punktów obrazu, aby przedstawić go na monitorze o wysokiej rozdzielczości.

Wykorzystanie potencjału kart graficznych do realizacji obliczeń uniwersalnych określanych jako *GPGPU* (ang. *General-Purpose computing on Graphics Processing Units*) spowodowało wiele zmian w podejściu do tej klasy kart. Wysokowydajne karty graficzne nie posiadają zazwyczaj już nawet złącza pozwalającego na podłączenie do nich monitora. Przykładem jest wydajna karta NVIDIA Tesla K80. Aby podkreślić ich przeznaczenie do obliczeń, coraz częściej określa się je jako koprocesory obliczeniowe.

Podstawową motywacją do wykorzystania kart graficznych jest duża liczba jednostek wykonawczych, pozwalających na zrównoleglanie obliczeń. Współczesne procesory CPU (ang. *Central Processing Unit*) posiadają od kilku do kilkunastu rdzeni, podczas gdy karty graficzne, nawet te w komputerach klasy PC, mają ich kilkaset, a nawet kilka tysięcy. Nie jest to jednak jedyny powód zainteresowania tymi urządzeniami. Istotne jest również to, że posiadają wbudowaną pamięć operacyjną o przepustowości znacznie przekraczającej możliwości pamięci *RAM* używanej przez procesory *CPU*. Karta graficzna *Tesla K80* cechuje się przepustowością

480 GB/s, a *Intel Xeon E5-2697* – 68 GB/s. Kolejną zaletą GPU jest korzystny współczynnik mocy obliczeniowe do zużytej energii³.

Wymienione cechy sprawiają, że karty graficzne są często wykorzystywane do budowy superkomputerów. Obecnie superkomputery bez koprocessorów obliczeniowych stają się rzadkością na liście TOP500 najwydajniejszych superkomputerów na świecie⁴. Z drugiej strony obecność kart graficznych w komputerach klasy PC sprawia, że obliczenia wysokiej wydajności są dostępne dla znacznie szerszego grona odbiorców. W efekcie rozwija się dynamicznie zakres zastosowań tych urządzeń w różnych dziedzinach gospodarki, mimo sporych trudności w programowaniu tej klasy urządzeń.

Jednym z obszarów, w których udokumentowano efektywne wykorzystanie kart graficznych, jest analiza modeli ekonometrycznych. *Aldrich et al.* pokazują, że układy GPU pozwalają na uzyskanie 200-krotnego przyspieszenia obliczeń w stosunku do procesorów CPU w czasie analizy cykli koniunkturalnych na rynkach⁵. Zyski z wykorzystania koprocessorów obliczeniowych w tej dziedzinie zostały odnotowane również przez *Dziubinskiego et al.*⁶.

Superkomputery oparte o układy graficzne mają znaczny potencjał w dziedzinie przetwarzania i analizy dużych zbiorów danych (ang. *big data*). Ze względu na dużą przepustowość pamięci i możliwości równoległego wykonywania zadań koprocessory mogą znacząco przyspieszyć operacje bazodanowe takie jak agregacje, złączenia czy też filtrowanie wyników. Otwiera to drogę do wykorzystania kart graficznych we wszystkich dziedzinach gospodarki, w których istotna jest wydajność operacji na dużych zbiorach danych. Dotyczy to zwłaszcza logistyki i transportu. *Govindaraju et al.* porównali czasy wykonania zapytań bazodanowych w języku SQL wykonywanych na karcie graficznej *NVIDIA GeForce 6800* oraz na procesorze *Intel Xeon* taktowanym zegarem 2.8 GHz. Wyniki ich testów pokazują czasy o rząd wielkości lepsze dla układu GPU w porównaniu z procesorem CPU⁷.

Karty graficzne są projektowane pod kątem wykonywania operacji na punktach i podstawowych figurach geometrycznych, np. trójkątach. Możliwości te są wykorzystywane podczas wyświetlania trójwymiarowych scen na ekranie komputera, do czego układy graficzne były wcześniej przeznaczone. Te same operacje, które wykonywane są na elementach trójwymiarowej sceny, wykorzystuje się przy pracy z mapami zapisanymi w przestrzennych bazach danych. *Bandi et al.* wykorzystali układy GPU w silniku bazodanowym *Oracle 9I*, aby poprawić wydajność operacji przestrzennych⁸. W efekcie możliwe są symulacje związane z budową autostrad, infrastruktury lotniczej i portów morskich. Jest to następna dziedzina, w której superkomputery oparte o koprocessory obliczeniowe są wykorzystywane.

Kolejne zastosowanie kart graficznych w obszarze analizy dużych zbiorów informacji wiąże się z ich zdolnością do strumieniowego przetwarzania danych. Możliwości te ponownie wynikają z oryginalnego przeznaczenia koprocessorów do pracy ze strumieniem obrazu wideo, co wymaga dużej przepustowości pamięci. Cechy te pozwalają na zastosowanie układów graficznych do eksploracji danych (ang. *data mining*), gdzie źródłowy strumień informacji może zostać natychmiast przetworzony przez koprocessor. Pozwala to na zmniejszenie ilości

³ Abe Y. et al.: *Power and performance analysis of GPU-accelerated systems*. Proc. of the 2012 USENIX Conf. on Power-Aware Computing and Systems (HotPower'12), USENIX Association, Berkeley, USA, 2012, p. 12..

⁴ *TOP 500 The List*, <http://www.top500.org/>, dostęp: 29.11.2014

⁵ Aldrich E., Fernández-Villaverde M., Gallant J.R., Rubio-Ramírez A., Juan F.: *Tapping the supercomputer under your desk: Solving dynamic equilibrium models with graphics processors*, Journal of Economic Dynamics and Control, Elsevier, vol. 35(3), 2011 p. 387

⁶ Dziubinski M.P., Grassi S.: *Heterogeneous Computing in Economics: A Simplified Approach*, CREATES Research Papers 2012-15, School of Economics and Management, University of Aarhus, 2012, p. 23.

⁷ Govindaraju N. K., Lloyd B., Wang W., Lin M., Manocha D.: *Fast computation of database operations using graphics processors*. Proc. of the 2004 ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data, June 2004, p. 217.

⁸ Bandi N., Sun C., Agrawal D., El Abbadi A.: *Hardware acceleration in commercial databases: A case study of spatial operations*, 2004, pp. 1021–1032.

danych, które muszą zostać zapisane – aplikacja korzystająca z karty graficznej dokonuje wstępnej selekcji oraz ułatwia późniejszą analizę informacji. Podsumowując, karty graficzne w superkomputerach są stosowane do przetwarzania dużych zbiorów danych, co przekłada się na możliwości ich wykorzystania w wielu dziedzinach gospodarki.

W szczególności oprogramowanie współbieżne w środowisku GPU pozwala na symulację przedsięwzięcia gospodarczego w celu oszacowania ryzyka. Złożone obliczeniowo metody statystyczne mogą być stosowane w wielu dziedzinach inwestowania, takich jak wycena aktywów spółki, przewidywanie scenariuszy zmian cen akcji, czy wycena opcji na giełdzie papierów wartościowych⁹. Analizy te mogą być prowadzone szybciej na superkomputerach oraz mogą dostarczać precyzyjne wyniki, co istotnie wspomaga podejmowanie decyzji. Popularną metodą modelowania matematycznego jest metoda *Monte Carlo*, która w środowisku GPU umożliwia wzrost wydajności od 77 do 124 razy w porównaniu do CPU¹⁰.

5. Superkomputery w systemach finansowych

Za pomocą mocy obliczeniowej superkomputerów możliwe jest wyliczanie stanów dla bardzo skomplikowanych i rozbudowanych modeli ekonometrycznych. Mogą one dotyczyć wybranych aspektów gospodarki, gdzie można przetestować „na żywo” proponowane zmiany, bądź „podejrzeć” przyszłość. Możliwa jest realizacja symulacji mających zasięg globalny. Można modelować i symulować wybrane rynki. Warto podkreślić, że jest to użyteczne narzędzie dla badaczy, ekonomistów czy praktyków, w tym menadżerów, maklerów i traderów.¹¹

Superkomputery są stosowane do szacowania wartości opcji czy zarządzania ryzykiem. Cechą HPC szczególnie przydatną dla zastosowań w finansach jest bardzo duże zrównoleglenie zadań, przez co możliwe jest śledzenie i równoczesne obliczanie wskaźników lub estymat cen dla wielu walorów lub zmiennych finansowych w czasie rzeczywistym.

Platformy typu HPC są również wykorzystywane jako środowisko uruchomieniowe złożonych algorytmów z szeroko pojętej domeny uczenia maszynowego. Znane są instalacje środowisk HPC wyposażone w systemy wspomaganie decyzji czy systemy uczące się w zastosowaniach do prognozowania zmian cen akcji.

W związku z rozwojem szeroko rozumianego przetwarzanie „w chmurze”, moc obliczeniowa porównywalna z HPC jest dostępna właściwie „na żądanie” dla każdej firmy. Model płatności za wykorzystaną moc obliczeniową powoduje, że można łatwo dostosować „superkomputer” do swoich potrzeb. Wspomniane zagadnienia *big data* adekwatne są do sprawdzania globalnych trendów i tworzenia modeli analitycznych w oparciu o zgromadzone dane, a także do sprawdzania preferencji zakupowych klientów. W kontekście HPC i *big data* należy wspomnieć o szczególnie zaawansowanych zastosowaniach tych technologii: odkrywaniu wiedzy oraz analizie w czasie rzeczywistym.

Warto podkreślić, że firma CRAY oferuje maszyny skonfigurowane dla potrzeb analiz z wykorzystaniem *big data*. Są one wyposażone w środowisko rozproszonej, skalowalnej i bardzo wydajnej nierelacyjnej bazy danych *Apache Hadoop*, a także w framework *Apache Spark* dla wykonywania rozproszonych algorytmów zarządzania danymi *MapReduce*.¹²

⁹ Solomon S.: *Option Pricing on the GPU*, High Performance Computing and Communications (HPCC), 2010, s. 23

¹⁰ NVIDIA, *Computational Finance*, http://www.nvidia.com/object/computational_finance.html, dostęp 20 listopad 2014

¹¹ Baesens B., Setiono R., Mues C., Vanthien J.: *Using neural network rule extraction and decision tables for credit-risk evaluation*. Management Science, Vol. 49, No. 3, March 2003, pp. 312–320.

¹² Balicka H. et al.: *Metody sztucznej inteligencji do wspomaganie bankowych systemów informatycznych*. W: Systemy informatyczne w gospodarce. K. Kreft, D. Wach, J. Winiarski (red.), *Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego*, Gdańsk 2013, s. 127.

6. Superkomputery w systemach bankowych

Na rozwój współczesnej gospodarki istotnie wpływa efektywny sektor bankowy, co odzwierciedla się wprowadzaniem zaawansowanej technologii. Stabilność banków jest kluczowym czynnikiem utrzymania szeroko pojętej finansowej stabilizacji¹³. Sieć bankowa to system naczyń połączonych, gdzie kłopoty czy upadłość jednego z banków mogą wywołać efekt domina i pogрузić cały sektor bankowy w danym kraju, bądź na szerszym obszarze¹⁴. Istotne są zatem symulacje kryzysów bankowych z wykorzystaniem HPC, w tym modelowanie płynności sektora, poziomu zaufania klientów oraz intensywności wypłacania środków finansowych z lokat bankowych¹⁵.

Ważną rolę odgrywają symulacje skutków działań naprawczych odnoszących się do funkcjonowania banków, w tym udzielenia bezpośredniej pomocy finansowej, badania wypłacalności banków lub też wprowadzeniu innowacji obniżających koszty operacyjne banku. Na tej podstawie można oszacować, ile duży bank w Unii Europejskiej będzie potrzebować pomocy finansowej w wypadku, gdyby kryzys się pogłębił¹⁶. Symulacyjne badanie wypłacalności banków za pomocą *stress testu* odnosi się nie tylko do wyznaczenia stosunku kapitału własnego banku do jego aktywów (depozyty, kredyty). Istotną rolę odgrywają także symulacje wpływu wybranej innowacji na redukcję kosztów realizacji transakcji finansowych, a także rozszerzenie zakresu oferowanych produktów. *Big data* wykorzystywane są do określenia wpływu stopnia zaawansowania oferty internetowej banku na jego wybór przez klienta.

Superkomputery wpływają również na rozwój handlu elektronicznego^{17,18}. Ponieważ e-bankowość będzie w najbliższej perspektywie głównym sektorem w bankowości, podobnie jak handel elektroniczny w tradycyjnym handlu, to są to kluczowe obszary, które powinny być wspierane przez HPC.¹⁹

Potrzeby rynku oraz chęć bycia o krok dalej przed konkurencją spowodowały, że powstały firmy informatyczne specjalizujące się w wytwarzaniu oprogramowania równoległego na potrzeby banków takich jak: *JP Morgan Chase* czy *BNP Paribas*²⁰. Konkurencja między producentami GPU, firmą *AMD* oraz *NVIDIA* powinna zapewnić sukcesywne zwiększanie wydajności tych jednostek oraz obniżyć ich cenę.

7. Metody sztucznej inteligencji wymagające HPC w bankowości

Moc obliczeniowa superkomputerów niezbędna jest do efektywnego wykorzystania metody wektorów wspierających do oceny ryzyka całego sektora bankowego, a także do szacowania wartości papierów dłużnych. Ponadto metody treningu sztuczne sieci neuronowe ANN (ang. *Artificial Neural Networks*) w zastosowaniu do inwestycji giełdowych oraz do weryfikacji wiarygodności klientów banku wymagają również HPC.

¹³ Chissick M., Kelman A.: *Electronic commerce: law and practice*. Sweet - Maxwell, London 2000.

¹⁴ Golicic, S. L., et al.: *The impact of e-commerce on supply chain relationships*. Int. Journal of Physical Distribution, vol. 32, 2002, pp. 851–871.

¹⁵ Orłowski W. M.: *Świat, który oszalał...* Wyd. Agora, Warszawa 2008, s. 223

¹⁶ Balicka H. et al.: *Metody sztucznej inteligencji do wspomaganie bankowych systemów informatycznych*. W: K. Kreft, D. Wach, J. Winiarski (red.): *Systemy informatyczne w gospodarce*. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2013, s. 127

¹⁷ Pietrzak E., Markiewicz M. (red.): *Finanse, bankowość i rynki finansowe*, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 147

¹⁸ Chissick M., Kelman A.: *Electronic commerce: law and practice*. Sweet - Maxwell, London 2000.

¹⁹ Graham M.: *Warped Geographies ...* Geography Compass, vol. 2/3, 2008, s. 771

²⁰ NUMTECH, 2010, GPGPU and Financial Business,

<http://www.numtech.co.jp/files/documents/seminar/20101019/20101019E.pdf>, dostęp 20 lutego 2013

7.1. Metoda wektorów wspierających do szacowania ryzyka papierów dłużnych oraz ryzyka sektora bankowego

Metody wyceny i szacowania ryzyka papierów dłużnych opierają się na statystyce lub uczeniu maszynowym w oparciu o *big data* z wykorzystaniem superkomputerów. Stosując wydajne komputery, można zwiększyć liczbę trafnych wskazań do około 70% przypadków²¹. Problemem jest efektywny trening jednokierunkowych sieci neuronowych za pomocą algorytmów gradientowych, których w zasadzie nie można zrównoleglać.

Natomiast alternatywna metoda wektorów nośnych SVM (ang. *Support Vector Machine*) może być implementowana na superkomputery, a co równie ważne SVM cechuje się nieco lepszą skutecznością od sztucznych sieci neuronowych w szacowaniu ryzyka papierów dłużnych przedsiębiorstw²². Wyznaczenie parametrów metody SVM polega na rozwiązaniu nieliniowego zagadnienia optymalizacji za pomocą algorytmu mnożników *Lagrange'a*²³.

Metoda wektorów nośnych zastosowano do oszacowania systemowego ryzyka sektora bankowego w Chinach²⁴. Szacując prawdopodobieństwo załamania finansowego pojedynczego banku, wzięto pod uwagę nie tylko jego wskaźniki ekonomiczne jak: ROE (ang. *return on equity*), ROA (ang. *return on assets*) i wskaźniki płynności, ale również wskaźniki makroekonomiczne (np. wzrost PKB) oraz wskaźniki związane z zależnościami od innych banków.

Dane podzielono na zbiór uczący i zbiór testujący. Parametry metody SVM wyznaczono za pomocą metody *Grid Search*, która wymaga HPC. Za pomocą testu statystycznego *McNemara* dowiedziono, że metoda SVM cechuje się bardziej dokładną predykcją od sieci neuronowej²⁵.

7.2. Wspomaganie decyzji bankowych za pomocą ANN

Wśród zadań związanych z działalnością finansową, dla których zastosowano wspomaganie oparte o sztuczne sieci neuronowe, można wymienić²⁶:

- analizę zdolności kredytowej klientów banków;
- analizę ryzyka związanego z udzieleniem kredytu hipotecznego;
- analizę ryzyka w zarządzaniu projektem;
- prognozowanie wartości indeksów oraz kierunków trendów na giełdzie;
- określenie klas ryzyka giełdowych instrumentów finansowych o stałym dochodzie;
- wykrywanie regularności w zmianach cen instrumentów finansowych;
- prognozowanie bankructw i upadłości firm.

Z reguły rozwiązania dylematu finansowego nie można przewidzieć za pomocą modelu matematycznego. Wpływ czynnika losowego – brany pod uwagę w wielu modelach – jest zazwyczaj zbyt silny. Sieci neuronowe mogą dokładniej wychwytywać lokalne zaburzenia rynku czy też zależności występujące przez krótki czas na rynkach finansowych.

Sieci neuronowe mogą być systemami doradczymi do wspomagania inwestycji finansowych. Algorytm neuronowy jest wówczas jednym z wielu modułów. Interesującym sposobem stosowania systemów wspomagających inwestycje giełdowe jest tworzenie

²¹ Zan H. et al.: *Credit rating analysis with support vector machines and neural networks: a market comparative study*. *Decision Support Systems*, Vol. 37, 2004, s. 555

²² Larousse D. T.: *Metody i modele eksploracji danych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 223.

²³ Chaveesuk R., Srivaree-Ratana C., Smith A.E.: *Alternative neural network approaches to corporate bond rating*. *Journal of Engineering Valuation and Cost Analysis*, 2, 1999, s. 127.

²⁴ Shouwei L., Mingliang W., Jianmin H.: *Prediction of Banking Systemic Risk Based on Support Vector Machine*. *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2013, April 2013, s. 5.

²⁵ Shouwei L., Mingliang W., Jianmin H., op. cit., s. 4

²⁶ Brown C.: *Technical Analysis for the Trading Professional*, Second Edition: *Strategies and Techniques for Today's Turbulent Global Financial Markets*, The McGrawHill Companies, New York 2011, s. 226

wirtualnych maklerów do automatycznego wykonywania transakcji na rynku. Szacuje się, że w tym przypadku ryzyko jest dużo większe. Natomiast potencjalne większe zyski, mogą je wydatnie rekompensować.

7.3. Ocena wiarygodności kredytowej za pomocą GPU

Systemy oceny wiarygodności kredytowej korzystające z ANN są coraz częściej używane w bankach²⁷, gdyż ocena statusu kredytobiorcy przez pracownika banku jest zazwyczaj subiektywna. Stosowane mogą być także modele dyskryminacyjne; które umożliwiają wyznaczania prawdopodobieństwa spłaty kredytu²⁸. Można wykorzystać także metodę regresji liniowej²⁹, metodę k -najbliższych sąsiadów³⁰, algorytmy genetyczne lub drzewa decyzyjne³¹. Metody te wymagają dużych nakładów obliczeniowych, co może być zrealizowane za pomocą ich zrównoleżenia na superkomputery.

ANN stosuje się do wyselekcjonowania tych kredytobiorców, którzy w najbliższej przyszłości mogą przestać spłacać już zaciągnięte zobowiązania³². Pozyskiwanie danych do treningu ANN jest utrudnione, gdyż informacje o wiarygodności kredytowej są objęte tajemnicą finansową. Można wprowadzić skorzystać z powszechnie dostępnych benchmarków, np.: *Statlog (German Credit Data)*³³ lub też pozyskać próbę zanimizowanych danych w odniesieniu do podzbioru klientów instytucji finansowej³⁴. Przykładowo *Nazari* wykorzystał próbę składającą się z 90 przypadków³⁵. W praktyce zbiory danych powinny być jednak znacznie większe.

W odniesieniu do kredytów udzielanych osobom fizycznym zazwyczaj danymi wejściowymi są: wiek, stan cywilny, posiadanie mieszkania lub innej nieruchomości, miesięczny dochód, fakt prowadzenia działalności gospodarczej, informacje o zobowiązaniach, liczba dzieci oraz okres zatrudnienia u obecnego pracodawcy. Przy badaniu zdolności kredytowej firm wykorzystuje się wskaźniki finansowe obliczone na podstawie ostatniego bilansu firmy.

Sytuacje decyzyjne związane z udzielaniem kredytów cechują się niekompletną informacją oraz tym, że stan przechowywanej informacji ulega systematycznym zmianom³⁶. Biorąc pod uwagę moc obliczeniową superkomputerów, konieczność cyklicznego uczenia ANN nie stanowi większego problemu. Sieć neuronowa nie musi być jedynym narzędziem służącym do oceny wiarygodności kredytowej. Nadaje się ona do wykonywania wstępnej oceny w sytuacji,

²⁷ Staniec I., *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych i wybranych metod statystycznych do wspomaganie decyzji kredytowych*, *Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych II*, StatSoft Polska, Kraków 2003, s. 20.

²⁸ Mylonakis J., Diacogiannis G., *Evaluating the Likelihood of Using Linear Discriminant Analysis as a Commercial Bank Card Owners Credit Scoring Model*, *Int. Business Research*, Vol. 3, No. 2, 2010, s. 43.

²⁹ Majer I., *Application scoring: logit model approach and the divergence method compared*, *Department of Applied Econometrics Working Papers*, Working Paper No. 10-06, 2006, s. 27

³⁰ Henley W.E., Hand D.J., *A k-nearest-neighbour Classifier for assessing consumer credit risk*, *The Statistician*, Volume 45, Issue 1 (1996), pp. 75 – 95, s. 77

³¹ Yobas M.B., Crook J.N., Ross P., *Credit scoring using neural and evolutionary techniques*, *IMA Journal of Mathematics Applied in Business and Industry*, (2000) 11, pp. 111-125, s. 121

³² Srivastava R. P., *Automating judgmental decisions using neural networks: a model for processing business loan applications*, *Proceedings of the 1992 ACM annual conference on Communications*, pp. 351-357, s. 355

³³ Dane statystyczne dotyczące kredytów,
<http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Statlog+%28German+Credit+Data%29>, dostęp: 2 września 2014

³⁴ Bechler A., *Porównanie efektywności sieci neuronowych i modeli ekonometrycznych we wspomaganie decyzji kredytowych*, *Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych II*, StatSoft Polska, Kraków 2003, s. 24

³⁵ Nazari M., Alidadi M., *Measuring Credit Risk of Bank Customers Using Artificial Neural Network*, *Journal of Management Research*, Vol. 5, No. 2, 2013, s. 44

³⁶ Staniec I., op. cit., s. 23

gdy kredyty udzielane są za pomocą sieci. *Baesens et al.* zaprezentowali ciekawe podejście polegające na wydobyciu reguł z wytrenowanej sieci neuronowej³⁷.

7.4. Boty ze wspomaganiami HPC w serwisach internetowych banków

Istotny etap w rozwoju bankowości to rozwój bankowości mobilnej, w której przystosowano nie tylko strony webowe banku do możliwości korzystania z nich za pomocą smartfonów i tabletów, ale także opracowano aplikacje na te urządzenia umożliwiające realizację transakcji. Jeśli z serwisu internetowego banku poprzez rozbudowane aplikacje korzystają miliony użytkowników, to do uzyskania przewagi konkurencyjnej potrzebne są dodatkowe innowacje w tych serwisach oraz krótki czas obsługi żądań, co może być zrealizowane za pomocą superkomputerów. Minimum to udostępnienie mapy serwisu, prezentacja odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania, wybór języka czy wyszukiwarki w serwisach bankowych.

Niektóre banki ponoszą porażki w tym obszarze ze względu na znacznie mniejsze uchybienia niż jakość aplikacji mobilnej. Jak wrażliwa i delikatna jest to materia obrazuje poniższy przykład. Jeśli klient chce założyć konto w banku przez Internet, a nie dysponuje podpisem internetowym, to dobrym zwyczajem jest przesłanie umowy i niezbędnych dokumentem drogą elektroniczną do potencjalnego klienta, który po ich wydrukowaniu i podpisaniu odsyła je pocztą tradycyjną. Tymczasem na stronach niektórych banków można zapoznać się z umowami ramowymi, które po ich dodatkowej specyfikacji wysyłane są do potencjalnego klienta pocztą tradycyjną. I tu zaczyna się problem. Kurier z firmy kurierskiej zazwyczaj nie może czekać dłużej niż kilka minut, a przecież nikt nie podpisze umowy, jeśli jej dokładnie nie przeczyta. Obawę przed zmianami dokonanyymi w umowie przez klienta banku można łatwo rozwiązać, wprowadzając weryfikację treści podpisanej przez niego umowy za pomocą aplikacji porównującej w banku treść wysłanej umowy przez bank z treścią otrzymanej od klienta. Oczywiście ważną barierą jest brak upowszechnienia podpisu elektronicznego, co definitywnie rozwiązałoby tego rodzaju problemy nie tylko w bankowości.

Umieszczenie w witrynie webowej *bota* przeznaczonego do wspomaganie decyzji w zadanym zakresie przy wykorzystaniu dogodnej formy konwersacji, stwarza niewątpliwie przewagę nad konkurencją. *Chatterbot* prowadząc dialog z klientem w języku naturalnym, promuje produkty bankowe oraz doradza, jak nawigować w serwisie internetowym. Dialog w języku naturalnym na stronie webowej niesie za sobą wiele korzyści: oszczędność czasu, profesjonalną obsługę oraz bezstresowe korzystanie z serwisów. Korzyści te wpływają na wzrost popularności witryny, prestiż banku, a w konsekwencji jego dochody. Warto podkreślić, że przetwarzanie języka naturalnego wymaga złożonych aplikacji klasy HPC.

7.5. Metody genetyczne i harmoniczne w systemach bankowych

Wykorzystanie webowych systemów bankowych związane jest z koniecznością rozwiązania dodatkowych problemów, jak równoważenie obciążeń.³⁸ Algorytmy genetyczne zapewniają zwiększenie wydajności systemu oraz zapewnienie większej odporności na ataki klasy *DDoS* (ang. *Distributed Denial of Service*), cechujące się celowym intensywnym przeciążaniem serwerów banku. Algorytm genetyczny równoważy obciążenia między hosty, gwarantując nieprzekroczenie założonego maksymalnego czasu odpowiedzi systemu³⁹. Warto wspomnieć, że usługi typu *MyWallet* operatora *T-Mobile*, czy aplikacja *IKO* banku PKO BP znacząco zwiększają obciążenie hostów bankowych, co się wiąże z koniecznością

³⁷ Baesens B., Setiono R., Mues C., Vanthien J., *Using Neural Network Rule Extraction and Decision Tables for Credit-Risk Evaluation*, Management Science, Vol. 49, No. 3, March 2003 pp. 312–320, s. 317

³⁸ Pietrzak J., *Czynniki przewagi konkurencyjnej ...*, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2002, s. 143

³⁹ Balicki J., *Multi-criterion Decision Making ... Proc. on the 8th Int. Con. on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases*, February 2009, Cambridge, s. 319.

równoważenia obciążeń.⁴⁰ W ostatnich latach do równoważenia obciążeń gridów zaczęto stosować algorytmy harmoniczne, które wyznaczają rozwiązania wyższej jakości niż algorytmy genetyczne.

7.6. Zbliżeniowe transakcje płatnicze

W gospodarce elektronicznej ważną rolę odgrywa dostęp do bezpiecznych, wygodnych i stosunkowo szybkich systemów rozliczeń bezgotówkowych⁴¹. Zbliżeniowe karty mikroprocesorowe zapewniają wyższy poziom bezpieczeństwa niż karty magnetyczne oraz karty wirtualne⁴². Ponadto możliwa jest znacząca redukcja czasu realizacji transakcji o małej wartości. Istotną alternatywą pod względem czasu realizacji transakcji są aplikacje mobilne typu *MyWallet* czy *IKO*.

Zbliżeniowa karta mikroprocesorowa wyposażona jest w procesor i oprogramowanie sterujące, które kontrolują odczyt i zapis danych zawartych w pamięci. Stosowane są zazwyczaj mikroprocesory 16-bitowe, a także moduły z pamięcią o wielkości 64 kilobitów. Standard działania karty chipowej EMV (od *Europay/MasterCard* oraz *Visa*) zapewnia autonomiczne przetwarzanie, przechowywanie i przesyłanie danych. Mikroprocesor weryfikuje numer PIN podany przez użytkownika, co eliminuje konieczność łączenia się z bankiem. Szyfrowanie odczytu i zapisu danych na karcie utrudnia jej sfalszowanie przez kopiowanie. Należy oczekiwać bardziej zaawansowanej integracji kart płatniczych z kartami telefonicznymi, kartami parkingowymi, biletami komunikacji publicznej, kartami bibliotecznymi, indeksami studenta, a nawet dowodami tożsamości i prawami jazdy.

Karta chipowa może również pełnić funkcję elektronicznej portmonetki. Można ją bowiem doładować odpowiednią ilością środków pieniężnych, które następnie są odejmowane z konta i przekazywane na rachunek tymczasowy. Każda transakcja zmniejsza stan środków pieniężnych zapisanych w pamięci mikrokomputera. Ponowne doładowanie karty może nastąpić za pomocą przelewu internetowego.

Organizacje wydające karty płatnicze promują w Europie technologię bezstykową do płatności nieprzekraczających kwoty 15 euro. Technologia zbliżeniowa eliminuje konieczność potwierdzania transakcji podpisem lub kodem PIN, co skraca czas transakcji. Ze względów bezpieczeństwa sekwencja trzech kolejnych transakcji zbliżeniowych powinna być zakończona wprowadzeniem kodu PIN. Pierwszą na rynku kartą zbliżeniową była *PayPass* wydana przez *MasterCard*. Programy płatności bezstykowych wprowadziły również *American Express* – jako *ExpressPay*, a także *Visa* – jako *Visa Wave*.

Szacuje się, że koszty związane z obsługą płatności gotówkowych stanowią 3% PKB Unii Europejskiej. Ograniczenie gotówki w obrocie gospodarczym może być źródłem znaczących oszczędności w ciągu najbliższych lat⁴³.

Zakończenie

W pracy omówiono efektywne wykorzystanie superkomputerów w gospodarce. Ponadto scharakteryzowano zadania edukacji w zakresie wykorzystania chmur obliczeniowych i superkomputerów. Odniesiono się do zastosowań superkomputerów w Europie, a także do wirtualizacji i modelowania za pomocą procesorów graficznych. Na zakończenie

⁴⁰ Węglarz J. i in., *Grid Resource Management*. Kluwer Academic Publishers, Boston 2002, s. 27.

⁴¹ Daniel E. M., Grimshaw D. J., *An exploratory comparison of electronic commerce ...* Journal of Information Technology, vol. 17, s. 139

⁴² Zook M., Graham M., *From cyberspace to DigiPlace...* In: Miller, H. J. (ed.), *Societies and cities in the age of instant access*. London: Springer, s. 223.

⁴³ NBP (2009), *Raport na temat pełnego uczestnictwa...*, <http://www.nbp.pl/>, dostęp: 23.09.2013;

zapropozowano wykorzystanie superkomputerów w bankowości w zakresie wybranych metod sztucznej inteligencji.

Omówiono metodę wektorów nośnych w zastosowaniu do szacowania wartości papierów dłużnych i oceny ryzyka sektora bankowego. Ponadto scharakteryzowano zastosowania sztucznych sieci neuronowych do inwestycji giełdowych, a także do badania wiarygodności potencjalnych kredytobiorców.

Natomiast za pomocą algorytmu harmonicznego możliwe jest znaczące skrócenie czasu reakcji systemu bankowego *online*, co umożliwi istotny wzrost wydajności, redukcję kosztów oraz zwiększenie odporności systemu na ataki hakerskie. Z kolei na usprawnienie i zwiększenie bezpieczeństwa transakcji internetowych wpływa zastosowanie zbliżeniowych kart mikroprocesorowych. Warto także podkreślić znaczenie wieloprocessorowych kart graficznych do implementacji złożonych modeli ekonometrycznych stosowanych w bankowości.

Interesującym kierunkiem dalszych badań jest opracowanie metody wektorów nośnych do weryfikacji krajowego sektora bankowego na superkomputery, a także implementacja sztucznych sieci neuronowych do weryfikacji wiarygodności potencjalnych kredytobiorców na sieci procesorów graficznych.

Literatura

1. Abe Y. et al.: *Power and performance analysis of GPU-accelerated systems*. Proc. of the 2012 USENIX Conf. on Power-Aware Computing and Systems (HotPower'12), USENIX Association, Berkeley, USA, 2012, 10-18.
2. Aldrich E., Fernández-Villaverde M., Gallant J.R., Rubio-Ramírez A., Juan F.: *Tapping the supercomputer under your desk: Solving dynamic equilibrium models with graphics processors*, Journal of Economic Dynamics and Control, Elsevier, vol. 35(3), 2011 pp. 386-393.
3. Baesens B., Setiono R., Mues C., Vanthien J.: *Using neural network rule extraction and decision tables for credit-risk evaluation*. Management Science, Vol. 49, No. 3, March 2003, pp. 312–320.
4. Balicka H. et al.: *Metody sztucznej inteligencji do wspomagania bankowych systemów informatycznych*. W: Systemy informatyczne w gospodarce. K. Kreft, D. Wach, J. Winiarski (red.), Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2013, ss. 125-138.
5. Balicki J., *Multi-criterion Decision Making by Artificial Intelligence Techniques*. Proc. on the 8th Int. Con. on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases, February 2009, Cambridge, pp. 319-324.
6. Bandi N., Sun C., Agrawal D., El Abbadi A.: *Hardware acceleration in commercial databases: A case study of spatial operations*, 2004, pp. 1021–1032.
7. Bechler A., *Porównanie efektywności sieci neuronowych i modeli ekonometrycznych we wspomaganiu decyzji kredytowych*, Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych, StatSoft Polska, Kraków 2003.
8. Brown C.: *Technical Analysis for the Trading Professional, Second Edition: Strategies and Techniques for Today's Turbulent Global Financial Markets*. The McGrawHill Companies, New York 2011.
9. Chaveesuk R., Srivaree-Ratana C., Smith A.E.: *Alternative neural network approaches to corporate bond rating*. Journal of Engineering Valuation and Cost Analysis, vol. 2, 1999, ss. 117-131.
10. Chissick M., Kelman A.: *Electronic commerce: law and practice*. Sweet - Maxwell, London 2000.

11. Daniel, E. M., Grimshaw, D. J.: *An exploratory comparison of electronic commerce adoption in large and small enterprises*. Journal of Information Technology, vol. 17, 2002, pp. 133–147.
12. Dziubinski M.P., Grassi S.: *Heterogeneous Computing in Economics: A Simplified Approach*, CREATES Research Papers 2012-15, School of Economics and Management, University of Aarhus, 2012.
13. Gkoutzinis A. A.: *Internet banking and the law in Europe. Regulation, financial integration and electronic commerce*, Cambridge University Press, Cambridge 2006.
14. Golicic, S. L., et al.: *The impact of e-commerce on supply chain relationships*. Int. Journal of Physical Distribution, vol. 32, 2002, pp. 851–871.
15. Govindaraju N. K., Lloyd B., Wang W., Lin M., Manocha D.: *Fast computation of database operations using graphics processors*. Proc. of the 2004 ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data, June 2004, pp. 215–226.
16. Graham M.: *Warped geographies of development: The Internet and theories of economic development*. Geography Compass, vol. 2/3, 2008, pp. 771–789.
17. Henley W.E., Hand D.J.: *A k-nearest-neighbour classifier for assessing consumer credit risk*, The Statistician, Volume 45, Issue 1 (1996), pp. 75 – 95.
18. Larousse D. T.: *Metody i modele eksploracji danych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
19. Majer I.: *Application scoring: logit model approach and the divergence method compared*, Department of Applied Econometrics, Working Paper, No. 10-06, 2006.
20. Mylonakis J., Diacogiannis G.: *Evaluating the likelihood of using linear discriminant analysis as a commercial bank card owners credit scoring model*. International Business Research, Vol. 3, No. 2, 2010.
21. Nazari M., Alidadi M.: *Measuring credit risk of bank customers using artificial neural network*. Journal of Management Research, vol. 5, No. 2, 2013.
22. Orłowski W. M.: *Świat, który oszalał, czyli poradnik na ciekawe czasy*. Wyd. Agora, Warszawa 2008.
23. Pietrzak E., Markiewicz M. (red.): *Finanse, bankowość i rynki finansowe*, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2006.
24. Pietrzak J.: *Czynniki przewagi konkurencyjnej na rynku bankowych usług detalicznych*, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2002.
25. Shouwei L., Mingliang W., Jianmin H.: *Prediction of Banking Systemic Risk Based on Support Vector Machine*. Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2013, April 2013, s. 5.
26. Solomon S.: *Option pricing on the GPU*, High Performance Computing and Communications, 2010, pp. 223-234.
27. Srivastava R. P.: *Automating judgmental decisions using neural networks: a model for processing business loan applications*, Proceedings of the 1992 ACM annual conference on Communications, pp. 351-357
28. Staniec I., *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych i wybranych metod statystycznych do wspomaganiania decyzji kredytowych*, Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych II, StatSoft Polska, Kraków 2003, s. 20.
29. Walkiewicz R.: *Bankowość inwestycyjna*, Poltext, Warszawa 2001.
30. Węglarz J., Nabrzyski J., Schopf J.: *Grid resource management: State of the art and future trends*. Kluwer Academic Publishers, Boston 2002.
31. Yobas M.B., Crook J.N., Ross P.: *Credit scoring using neural and evolutionary techniques*. IMA Journal of Mathematics Applied in Business and Industry, Vol. 11, 2000, pp. 111-125.

32. Zan H. et al.: *Credit rating analysis with support vector machines and neural networks: a market comparative study*. Decision Support Systems, vol. 37, 2004, ss. 543–558.
33. Zook M., Graham M.: *From cyberspace to DigiPlace: visibility in an age of information and mobility*. In: Miller, H. J. (ed.) *Societies and cities in the age of instant access*. Springer, London 2007, pp. 231–244
34. Benchmark z danymi statystycznymi,
<http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Statlog+%28German+Credit+Data%29>, dostęp: 2 września 2014
35. *Karty graficzne Nvidia*, http://international.download.nvidia.com/pdf/kepler/BD-07317-001_v04.pdf, TESLA K80 GPU Accelerator Board Specification, dostęp: 29.11.2014
36. NBP: *Raport na temat pełnego uczestnictwa RP w trzecim etapie Unii Gospodarczej i Walutowej*, http://www.nbp.pl/Publikacje/O_Euro/RE1.pdf, dostęp: 29.11.2014.
37. NUMTECH: *GPGPU and financial business*.
<http://www.numtech.co.jp/files/documents/seminar/20101019/20101019E.pdf>, dostęp: 20.11.2014.
38. NVIDIA: *Computational Finance*, http://www.nvidia.com/object/computational_finance.html, dostęp: 20.11.2014
39. Portal Kongresu Stanów zjednoczonych, <http://www.house.gov/>, dostęp: 29.11.2014 *Karty graficzne Intela*, http://ark.intel.com/pl/products/81059/Intel-Xeon-Processor-E5-2697-v3-35M-Cache-2_60-GHz, Specyfikacja techniczna procesora Intel® Xeon® E5-2697, dostęp: 29.11.2014
40. *TOP 500 The List*, <http://www.top500.org/>, dostęp: 29.11.2014
41. Zarys strategii gospodarczej USA, <http://www.whitehouse.gov/economy>, dostęp: 29.11.2014

SUPERCOMPUTERS FOR AIDING ECONOMIC PROCESSES WITH REFERENCE TO THE FINANCIAL SECTOR

Summary

The article discusses the use of supercomputers to support business processes with particular emphasis on the financial sector. A reference was made to the selected projects that support economic development. In particular, we propose the use of supercomputers to perform artificial intelligence methods in banking. The proposed methods combined with modern technology enables a significant increase in the competitiveness of enterprises and banks by adding new functionality.

Keywords: supercomputers, bank information systems, artificial intelligence

dr hab. inż. Jerzy Balicki, prof. PG
Politechnika Gdańska
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Katedra Architektury Systemów Komputerowych
ul. G. Narutowicza 11/12
balicki@eti.pg.gda.pl

dr Honorata Balicka
Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Olsztynie
ul. Artyleryjska 3c
hbalicka@interia.pl

mgr inż. Waldemar Korlub
wykładowca
Politechnika Gdańska
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Katedra Architektury Systemów Komputerowych
ul. G. Narutowicza 11/12
stawrul@gmail.com

mgr inż. Jacek Paluszak
studia doktoranckie
Politechnika Gdańska
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Katedra Architektury Systemów Komputerowych
ul. G. Narutowicza 11/12
jpaluszak@gmail.com

mgr inż. Marcin Zadroga
studia doktoranckie
Politechnika Gdańska
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Katedra Architektury Systemów Komputerowych
ul. G. Narutowicza 11/12
marcin.zadroga@gmail.com