

W czasach współczesnych komputery przeprowadzają symulację wielu ważnych problemów inżynierskich. Dla każdego nowego projektu samochodu wykonywane są symulacje komputerowe wypadków drogowych, podczas których sprawdzana jest wytrzymałość samochodu na uderzenia z różną siłą i z różnej strony. Podobnie, dla każdego nowego projektu samolotu przeprowadzane są symulacje komputerowe pod kątem wytrzymałości konstrukcji samolotu na obciążenia oraz wibracje występujące podczas lotu, startu i lądowania. Co więcej, każda nowa konstrukcja budowlana przeliczana jest pod kątem naprężeń i wytrzymałości materiałów na obciążenia pochodzące od masy konstrukcji, wiejących wiatrów, od opadów śniegu, a w niektórych strefach klimatycznych również pod kątem obciążeń pochodzących od burz piaskowych. Symulacje komputerowe mają również zastosowanie w medycynie do modelowania przepływu krwi w arteriach centralnego układu krążenia, w celu przewidywania planowanego kształtu wszczepianego bajpasu, lub do badania właściwości wszczepianej zastawki sercowej. Inne możliwe zastosowania symulacji komputerowych to na przykład badanie wpływu fal elektromagnetycznych generowanych przez telefon komórkowy na głowę ludzką podczas rozmowy telefonicznej. Wszystkie wymienione dotychczas rodzaje symulacji komputerowych wykonywane są najczęściej za pomocą tak zwanej metody elementów skończonych. Unikalną cechą metody elementów skończonych jest bardzo rozbudowana teoria matematyczna pozwalająca na kontrolę dokładności symulacji przeprowadzanych za jej pomocą na komputerach. Niestety, symulacje komputerowe za pomocą metody elementów skończonych są bardzo kosztowne, i dla trudnych problemów wciąż nie jest możliwe uzyskanie dokładnych rozwiązań, nawet z zastosowaniem dużych komputerów równoległych. Dzieje się tak dlatego, ponieważ metody te wymagają rozwiązania bardzo dużych układów równań liniowych, o wielu milionach niewiadomych, co wymaga zastosowania kosztownych obliczeniowo algorytmów. Ponadto symulacje te często nie są stabilne i dostarczają błędnych wyników. W uproszczeniu wynika to z faktu iż teoria matematyczna na której opiera się działanie powyższych symulacji działa w abstrakcyjnych przestrzeniach matematycznych, podczas gdy na komputerze wszystko przechowywane jest w sposób przybliżony. Twierdzenia matematyczne działające w przestrzeni abstrakcyjnej przestają działać gdy przeniesiemy się na komputerowy przybliżony zero-jedynkowy świat. Praktyczną konsekwencją tego faktu jest zawodność symulacji komputerowych, a co za tym idzie awarie w samolotach, nieprzewidziane skutki wypadków samochodowych, niepoprawne działanie zastawki sercowej, nieprawidłowo przewidziany przepływ krwi przez bajpas, czy niepoprawne wyniki symulacji komputerowych wpływu propagacji fal elektromagnetycznych generowanych przez telefony komórkowe na głowę ludzką. W roku 2010 Prof. Leszek Demkowicz, naukowiec polskiego pochodzenia pracujący na Uniwersytecie Tekszańskim w Austin wynalazł nową metodę którą nazwał DPG (skrót od angielskiej nazwy Discontinuous Petrov Galerkin). Metoda ta potrafi w pełni automatyczny sposób przeprowadzać stabilne symulacje komputerowe. Jednakże metodą DPG wymaga zaawansowanej wiedzy matematycznej, jest względnie trudna do zastosowania oraz układy równań generowane przez tą metodą są bardzo kosztowne do przeliczenia, ze względu na łamanie przestrzeni i wprowadzanie dodatkowych zmiennych na granicach elementów skończonych. Celem niniejszego projektu naukowego jest opracowanie nowego paradygmatu przeprowadzania symulacji komputerowych iGRM (izogeometryczna metoda minimalizacji reziduuum) łączącej zalety metody DPG (pozwalającej na stabilne symulacje komputerowe), zalety nowoczesnych solverów zmiennie-kierunkowych (pozwalających na ekstremalnie szybkie symulacje komputerowe, możliwe do przeprowadzenia nawet na laptopie) oraz zalety nowoczesnej izogeometrycznej metody elementów skończonych (pozwalającej na przeprowadzanie gładkich, zintegrowanych z systemami CAD/CAE symulacji komputerowych problemów zmieniających się w czasie). Nowa metoda iGRM może zdobyć duże zainteresowanie środowiska obliczeniowego, ze względu na umożliwienie łatwych, szybkich i gładkich symulacji numerycznych dla trudnych problemów obliczeniowych.