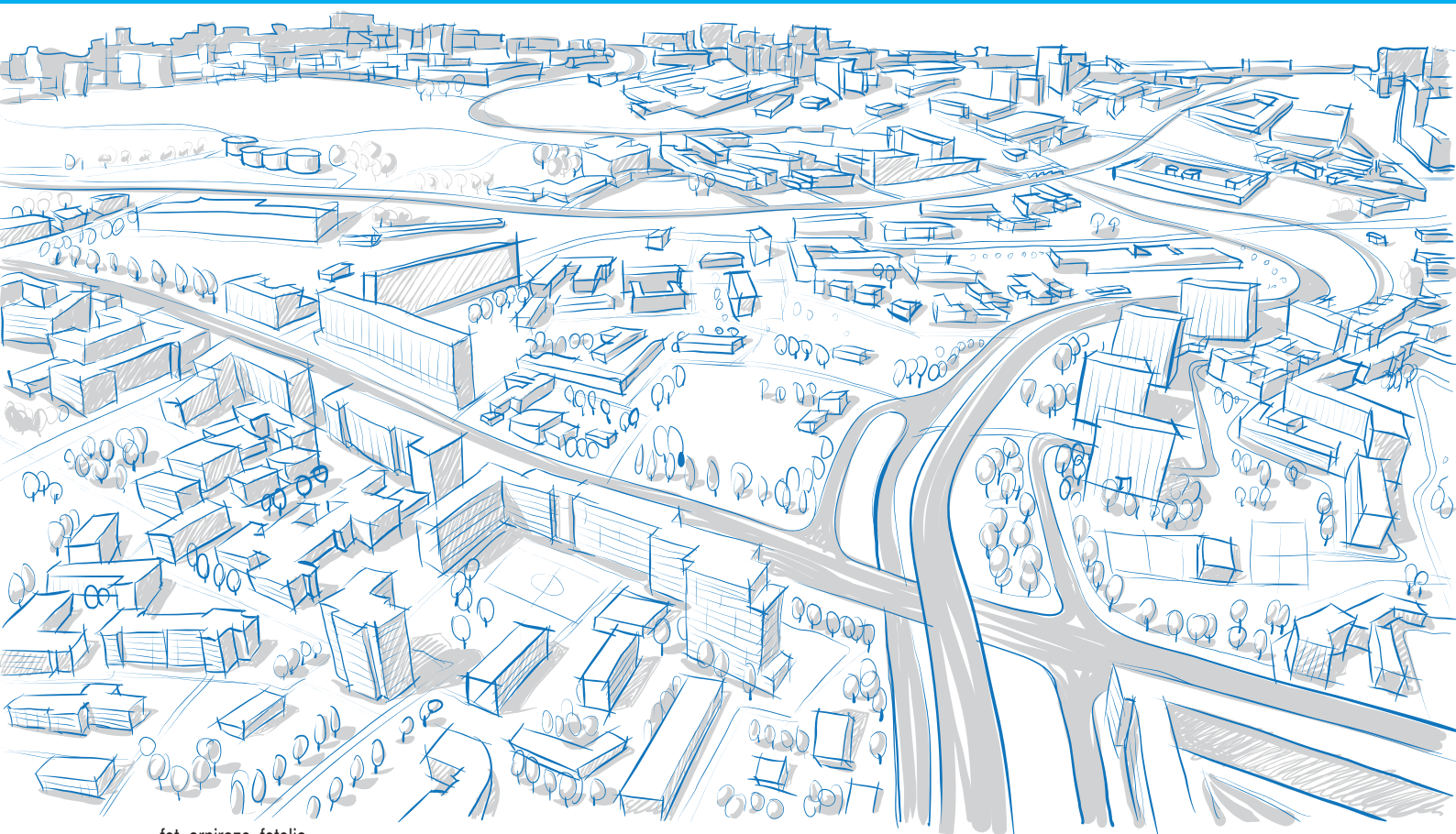




TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE W PROJEKTOWANIU INFRASTRUKTURY

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Metody komputerowe to procesy analizy danego zagadnienia z wykorzystaniem przybliżonych metod obliczeniowych, zaimplementowanych jako programy komputerowe. Algorytmizacja współczesnych metod obliczeniowych oraz możliwości, jakie daje obecnie elektronika, pozwalają na wykonywanie symulacji komputerowej dla otrzymania optymalnych efektów, nawet w przypadku problemów technicznych wymagających rozwiązywania układu kilkudziesięciu milionów liniowych równań algebraicznych.



fot. arnirazo, fotolia

Mianem metody komputerowej często określa się proces projektowania lub analizy konstrukcji z wykorzystaniem programowania typu CAD/CAM/CAE. Rezultatem przeprowadzonej symulacji komputerowej jest otrzymanie modelu ujmującego najistotniejsze właściwości konstrukcji i jej zachowanie pod działaniem obciążeń, dostosowanego do narzędzi obliczeniowych.

Metoda elementów skończonych (MES)

Metoda elementów skończonych, wykorzystywana przez inżynierów od wielu lat, stała się dziś integralną częścią procesu projektowania. Ponieważ konstrukcje inżynieryjne poddane działaniu obciążeń ulegają odkształceniom, którym towarzyszą siły wewnętrzne, zadaniem projektanta jest m.in. obliczenie tych wielkości oraz porównanie ich z war-

tościami dopuszczalnymi. W większości przypadków oznacza to konieczność wielokrotnego wykonania analizy statycznej lub dynamicznej zmieniających się danych początkowych. Z uwagi na różnorodność typów ustrojów budowlanych i teorii opisujących ich odpowiedź na zadane obciążenie inżynierowie budownictwa muszą znać różne metody komputerowe. Ich zastosowanie sprowadza się często do jednego rodzaju konstrukcji i wąskiej klasy obciążeń.

Dążenie do wynalezienia techniki obliczeniowej, która umożliwiałaby efektywną analizę wytrzymałościową ustroju budowlanego i obejmowała swoim zasięgiem praktycznie każde zagadnienie inżynierskie, jest działaniem dalece zrozumiałym. Do takich technik należy metoda elementów skończonych (MES), a programy komputerowe wykorzystujące MES należą obecnie do najpopularniejszych narzędzi wspomagających projektowanie. Otrzymane za pomocą tych programów rozwiązania w znacznej mierze są przybliżone, aczkolwiek akceptowalne w zastosowaniach praktycznych. Zasadność użycia MES lub metody pokrewnej uwidacznia się szczególnie w przypadku obliczeń konstrukcji o skomplikowanym opisie matematycznym, np. konstrukcji z wielu materiałów czy o złożonym kształcie.

Symulacja komputerowa obliczeń przy wykorzystaniu MES składa się z czterech etapów. Pierwszym jest idealizacja obiektu rzeczywistego. Polega na przyjęciu uzasadnionych założeń upraszczających oraz wyspecyfikowaniu zmiennych najlepiej opisujących obiekt. Założenia te dotyczą głównie geometrii obiektu, materiału, z którego jest wykonany, obciążeń oraz przyszłych warunków użytkowania, w tym warunków środowiskowych i okresu planowanej eksploatacji obiektu. Wszystkie te założenia służą do zbudowania modelu matematycznego obiektu. W drugim etapie ciągły model matematyczny, na ogół w postaci układów równań różniczkowych lub pewnego funkcjonału, zostaje przekształcony w procesie dyskretyzacji w model numeryczny w formie układów równań algebraicznych. W trzecim etapie uzyskuje się rozwiązanie zagadnienia, co oznacza napisanie odpowiedniego programu komputerowego, przetestowanie i wykonanie obliczeń. Ostatnim etapem jest weryfikacja wyników obliczeń.

Pomimo iż możliwości popełnienia błędów jest wiele i mogą one wystąpić na każdym z trzech pierwszych etapów symulacji komputerowej, to rezultatem ich poprawiania powinno być ostatecznie uzyskanie optymalnego rozwiązania [2].

Czym jest CAD?

System CAD powstał z myślą o komputerowym wspomaganiu tworzenia rysunków technicznych, stąd pierwotnie skrót utworzono od słów *computer aided drawing*. Od 1969 r. datuje się rozwój, sprzedaż i dystrybucja komercyjnych systemów CAD 2D, przy czym większość z nich pozwalała jedynie na zastąpienie tradycyjnych metod kreślarskich. Pierwsze oprogramowanie CAD 3D zostało zaprezentowane w 1977 r. Od momentu, gdy systemy wspomagające rysowanie ewoluowały do poziomu modelowania postaci konstrukcyjnej, litera D w skrócie CAD zaczęła oznaczać *design*, czyli projektowanie.

Zastosowanie CAD odnosi się obecnie do użytkowania komputera w celu doboru i zapisu cech konstrukcyjnych oraz opracowania dokumentacji projektowej. Systemy CAD można zdefiniować jako narzędzia i techniki wspierające inżynierów w zakresie projektowania, modelowania geometrycznego, obliczeniowej

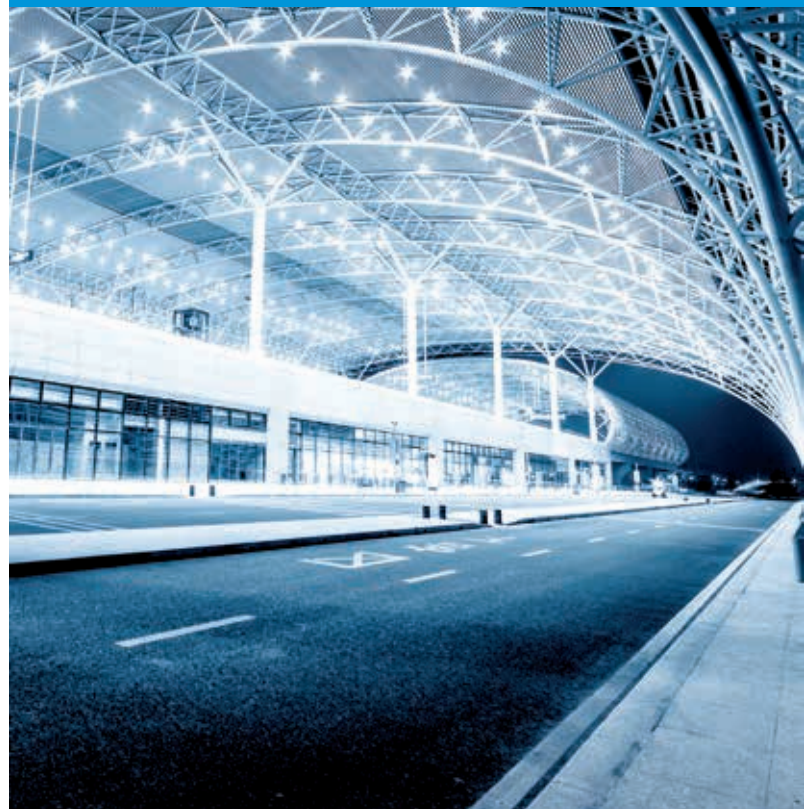
6 dni warsztatów ONLINE



AutoCAD
Civil 3D



Autodesk
Revit



www.procad.pl/netcafe

Jakie narzędzia, oferowane przez najnowsze programy komputerowe, są szczególnie istotne z punktu widzenia zarządzania procesem projektowania i budowy?



Dr hab. inż. MAREK SALAMAK, Katedra Mechaniki i Mostów Politechniki Śląskiej

Odpowiedź na tak postawione pytanie nie jest prosta i nigdy nie będzie jednoznaczna. Proces projektowania i budowy zależy w głównej mierze od tego, co jest przedmiotem danego przedsięwzięcia. Trudno więc znaleźć uniwersalne narzędzie, które sprawdzi

się jednocześnie przy tworzeniu dokumentacji projektowej budynku, mostu czy linii kolejowej. Należy dobierać te narzędzia do specyfiki danej branży. A biorąc pod uwagę konieczność współpracy wielu specjalistów, być może będzie potrzebnych nawet kilka programów, posiadających dodatkowo zdolność integracji.

Jeszcze trudniejszy jest dobór programu do zarządzania procesem budowy. Zawsze, nawet w przypadku mniejszych inwestycji, jest to ogromne przedsięwzięcie w porównaniu do innych procesów, które łatwo podlegają algorytmizacji i doczekały się już kompleksowych systemów zapewniających im jakość. Zarządzanie procesem budowy zawiera w sobie m.in. elementy zarządzania projektami i jakością, bezpieczeństwem, wspomaga ofertowanie, raportowanie, kosztorysy, harmonogramy. Całość może wydawać się naprawdę przytłaczająca. Z tego powodu takie holistyczne oprogramowanie, zapewniające rozwiązanie wszystkich potrzeb na budowie, może być bardzo kosztowne. Możliwe jest oczywiście wykorzystanie wielu tańszych i niezależnych aplikacji, ale nie zawsze jest to opłacalne. W przypadku większych przedsięwzięć może się szybko okazać, że zamiast marnować czas i środki na zmuszanie takiego oprogramowania do współpracy, lepiej jest zainwestować w narzędzia zapewniające integrację, choćby na podstawowym poziomie.

Niewątpliwie dziś należy już myśleć o narzędziach, które potrafią korzystać z modeli typu BIM (*Building Information Modeling*). W takim przypadku zakres integracji jest jeszcze bardziej obszerny, o czym między innymi piszą autorzy wielu referatów zgłoszonych na konferencję *infraBIM*. Oprócz możliwości pracy nad jednym modelem w wielobranżowym zespole, model ten może być później wykorzystywany również przez wykonawcę w czasie budowy, a nawet przez zamawiającego, np. przy utrzymaniu gotowego obiektu lub jego remontach i modernizacjach.

analizy z wykorzystaniem MES, a także tworzenia i opracowywania dokumentacji projektowej.

Podstawowe funkcje CAD to odwzorowanie konstrukcji, analizy inżynierskie i przetwarzanie danych. Komputerowe odwzorowanie konstrukcji, czyli modelowanie geometryczne, pozwala na uzyskanie rysunków płaskich (w tym izometrycz-



ARKADIUSZ MACKIEWICZ, kierownik Działu CAD/AEC, Procad SA

Najważniejszą cechą skutecznego i wydajnego procesu projektowego jest *workflow*, czyli taki sposób generowania treści projektowych, aby były one możliwe do wykorzystania przez innych uczestników procesu. Dlatego Autodesk postawił na głęboką integrację swoich

produktów. Dzięki temu możliwa jest współbieżna praca branż projektowych. Gwałtowny rozwój technologii chmury pozwala na swobodną wymianę informacji. Autodesk BIM 360 to zbiór nowoczesnych rozwiązań dla zarządzania procesami. *Docs* zapewnia kontrolę nad przepływem dokumentów zarówno CAD, jak i pozostałych. *Field* wspiera wzrost jakości, bezpieczeństwa i proces odbioru konstrukcji budowlanej. *Glue* pozwala na precyzyjną koordynację wielobranżowej dokumentacji. Przy pomocy *Layout* możliwe jest porównanie stanu projektowanego oraz istniejącego, a dzięki *Plan* znalezienie obszarów redukcji czasu i kosztów realizacji jest łatwe i szybkie. Rozwiązanie Autodesk BIM 360 obejmuje więc swoim zakresem niemal cały proces inwestycyjny i pozwala na utrzymanie kontroli nad jego przebiegiem na każdym etapie.

nych) oraz trójwymiarowych (krawędziowych, powłokowych, bryłowych). Otrzymane modele geometryczne wykorzystuje się m.in. do przeprowadzania analizy tolerancji i pasowań czy animacji ruchu elementów konstrukcji. Dzięki wspomaganym komputerowo analizom inżynierskim możliwe jest np. przeprowadzenie obliczeń wytrzymałościowych, symulacji i wizualizacji. Z kolei przetwarzanie danych przez programy CAD polega na ich archiwizacji oraz wykorzystywaniu w procesie projektowania, np. jako tablic danych czy biblioteki gotowych podzespołów [3].

Nowa definicja technologii BIM

Modelowanie informacji o budynku i budowlach (BIM) można traktować jako wynik ewolucji CAD. Z upływem czasu akronim BIM odzwierciedlał różny zakres pojęciowy i w zasadzie nadal nie istnieje jedna, powszechnie akceptowana definicja. Idea BIM narodziła się w latach 80. XX w., w okresie początkowym CAD. Wówczas została opisana koncepcyjnie przez naukowców i wdrożona w oprogramowaniu pierwszych wersji programów CAD. Na ówczesnym etapie BIM oznaczał trójwymiarowe graficzne modelowanie, wzbogacone o dodatkowe możliwości – informacje sprzężone z grafiką. Podstawę technologii stanowiła informacja o graficznym modelu, na który składały się dane o modelu geometrycznym budynku, jego cechach fizycznych, a także nazwy i funkcjonalne detale jego poszczególnych elementów.

Nowoczesne rozumienie BIM datuje się na późne lata 90. XX w. i początek XXI w. Pojawiło się wraz z wdrożeniem na

rynku koncepcji określanych jako SBM (*single building model* – model jednego budynku), oferowanych przez różnych producentów oprogramowania. BIM, tworząc wirtualne modele inteligentnych, sparametryzowanych obiektów, stał się standardem integracji szeregu informacji o modelowaniu w budownictwie pomiędzy jej różnymi obszarami. Tym samym rozpoczął się pierwszy etap wdrożenia BIM w firmach projektowych.

Ostatnie lata upływały na staraniach, by tradycyjny, trójwymiarowy BIM przekształcić w czterowymiarowy, pięciowymiarowy, a nawet sześć- czy siedmiowymiarowy, opracowywany na podstawie zarządzania cyklem życia produktu (*product lifecycle management*, PLM), co w budownictwie określa się jako BLM (*building lifecycle management* – zarządzanie cyklem życia budynku) lub ujednoczone zarządzanie projektem. Rozwój w tym kierunku stanowi logiczną konsekwencję dalszego wykorzystania obszernej informacji zawartej w inteligentnym modelu budynku 3D.

Najnowszymi trendami we wdrażaniu BIM jest modelowanie 7D, oparte na *facility management*, rozumianym jako kompleksowe zarządzanie obiektem w całym cyklu życia, od koncepcji aż do rozbiórki. Dzięki integracji wielu płaszczyzn projektowania możliwe stało się analizowanie rzeczy, które do niedawna wydawały się poza zasięgiem projektowania.

Dzięki technologii BIM inżynierowie mogą na podstawie modelowania i symulacji komputerowej samego obiektu, jak również całego cyklu jego życia opracować strategię projektu budowlanego, budowy i zarządzania. BIM zapewnia zintegrowane zarządzanie danymi graficznymi i przepływem informacji



Oprogramowanie dla Budownictwa

Athenasoft Sp. z o.o., ul. Leszczynowa 7, 03-197 Warszawa
tel.: 22 594 05 60, 22 594 05 66, e-mail: info@ath.pl



www.ath.pl

SZUKASZ SKUTECZNEGO PROGRAMU POZWALAJĄCEGO NA SPRAWNE I ŁATWE KOSZTORYSOWANIE?

Norma PRO to powszechnie znany i ceniony program do kosztorysowania, przeznaczony dla najbardziej wymagających Klientów. Program umożliwia tworzenie kosztorysów metodą szczegółową, uproszczoną i mieszaną. Posiada zaawansowane funkcje pozwalające na sporządzanie kosztorysów wariantowych, złożonych i porównawczych, oraz tworzenie pozycji scalonych. Umożliwia wczytywanie przedmiarów/obmiarów z plików PDF.

Norma PRO współpracuje z:

- Programem do przedmiarowania **Miara PRO**
- Internetową Bazą Cen Materiałów Budowlanych - **Intercenbud.pl**

Wszystko w NORMIE

- Najpopularniejsze programy do kosztorysowania w Polsce
- Obszerna baza Katalogów Nakładów Rzeczowych
- Komunikacja on-line z bazą realnych cen INTERCENBUD
- Możliwość współpracy z popularnymi bazami cenowymi
- Współpraca z innymi programami kosztorysowymi
- Import przedmiarów i kosztorysów z formatu PDF
- Import obmiarów z dokumentacji projektowej
- Współpraca z programami z rodziny MS Office
- Możliwość przesyłania danych do programów harmonogramujących (MS Project, Planista)



tel.: 22 - 594 05 66 | fax: 22 - 594 05 95
e-mail: info@ath.pl | www.ath.pl



w połączeniu z opisem procesu, w ramach zintegrowanego środowiska informatycznego. Dzięki BIM możliwe stało się przekształcenie poszczególnych wykonawców w zespoły, a zdecentralizowanych narzędzi do rozwiązywania skomplikowanych zadań i integracji poszczególnych zadań – w procesy. Wykorzystanie tej technologii zapewnia także szybsze, bardziej efektywne i mniej kosztowne wykonywanie operacji w całym cyklu życia projektu budowlanego [4].

Szerokie spektrum zastosowań

Producenci programów stale pracują nad doskonaleniem ich wersji i tworzeniem nowych. Nowoczesne programy cechuje przyjazny interfejs graficzny, intuicyjny w obsłudze, oraz szereg innowacyjnych narzędzi wspomagających pracę inżynierów. Systemy wspomagają projektowanie konstrukcji, budynków i obiektów inżynierskich. Coraz częściej, dzięki możliwości przechowywania danych w chmurze (jak np. Dropbox czy dysk Google), pozwalają na dostęp do zapisanych materiałów z każdego komputera połączony z Internetem.

Do dyspozycji projektantów stworzono oprogramowanie do obliczeń statyczno-wytrzymałościowych i dynamicznych konstrukcji. Dzięki programom Dlubal Software możliwe jest wymiarowanie elementów i połączeń konstrukcji stalowych, aluminiowych, betonowych, drewnianych czy szklanych według Eurokodów oraz innych norm światowych [5].

Rozwiązanie większości zagadnień geotechnicznych umożliwia oprogramowanie GEO5. Wykorzystując tradycyjne metody

analityczne oraz MES, znajdują zastosowanie zarówno w przypadku zadań podstawowych (projektowanie fundamentów, ścian oporowych, stateczności skarp i zboczy), jak i zagadnień zaawansowanych (projektowanie tuneli, analiza szkód wynikających z tunelowania czy analiza stateczności zboczy skalnych) [6].

Oprogramowanie dedykowane przemysłowi konstrukcji prefabrykowanych umożliwia m.in. zarządzanie koordynacją, dostarczanie alternatywnych rozwiązań, integrowanie projektu oraz detalowanie z produkcją i zarządzaniem dzięki otwartemu interfejsowi. Systemy dla projektantów konstrukcji pozwalają na integrację modelowania z obliczeniami statycznymi i dokumentacją.

W sektorze przemysłowym i publicznym oprogramowanie umożliwia dostęp do wszystkich potrzebnych informacji w każdym momencie procesu powstawania konstrukcji. Dzięki temu wizualizacja i przedstawienie możliwych alternatywnych rozwiązań w projekcie przestaje być skomplikowanym zadaniem, a utworzony model jest idealną podstawą do komunikacji, od fazy projektowania do produkcji i wykonania. Wykonawcom konstrukcji żelbetonowych korzystanie z odpowiedniego oprogramowania zapewnia szybkie i dokładne kosztorysowanie i raportowanie, dając tym samym lepsze możliwości oszacowania kosztów i czasu potrzebnego do realizacji zadania.

Na rynku dostępne są także profesjonalne narzędzia do współpracy międzybranżowej przy realizacji projektu. Np. dzięki darmowemu oprogramowaniu Tekla BIMSight wszystkie podmioty biorące udział w realizacji inwestycji mogą łączyć swoje modele, sprawdzać kolizje pomiędzy nimi oraz współdzielić informacje, wykorzystując jedno, łatwe w użyciu środowisko BIM [7].

Podsumowanie

Abstrahując od wielkości wsparcia, jakiego dostarczają dziś inżynierom technologie informatyczne, cechuje je jedno zasadnicze ograniczenie, którego zapewne długo jeszcze, jeśli w ogóle, nie uda się usunąć. Jest nim znaczenie czynnika ludzkiego. W procesie projektowania, który był, jest i będzie złożonym procesem decyzyjnym, wykorzystywana jest nie tylko ludzka intuicja, ale także kreatywność – zdolność do twórczego myślenia i rozwiązywania problemów. A ponieważ, jak na razie, komputery nie potrafią samodzielnie myśleć, stanowią jedynie skuteczne narzędzie w rękach człowieka.

Literatura

- [1] Dzierżanowski G., Sitek M.: *Samouczek Metody Elementów Skończonych dla studentów budownictwa*. Cz. 1. Statyka konstrukcji prętowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2012.
- [2] Cichoń C., Cecot W., Krok J., Pluciński P.: *Metody komputerowe w liniowej mechanice konstrukcji*. Wybrane zagadnienia. Podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków 2009.
- [3] wm.am.gdunia.pl
- [4] Ustinovičius L., Walasek D., Rasiulis R., Cepurnaite J.: *Wdrażanie technologii informacyjnych w budownictwie – praktyczne studium przypadku*. „Economics and Management” 2015, nr 1, s. 290–310.
- [5] www.dlubal.com/pl
- [6] www.finesoftware.pl/
- [7] www.construsoft.pl



MMGEO, ul. Relaksowa 33/110, 02-796 Warszawa
tel.: +48 501 700 981, e-mail: info@mmgeo.pl



GEO5
Edycja 2017

- Stateczność skarp i zboczy
- Odkryte Wykopcy
- Konstrukcje Oporowe
- Fundamenty Płytkie
- Fundamenty Odkryte
- Analiza Osadzeń
- Tunel i Stalby
- Stratygrafia
- Badania Polne

www.finesoftware.pl

**DYSTRYBUTOR OPROGRAMOWANIA
GEOTECHNICZNEGO GEO5**

Programy GEO5 umożliwiają analizę i projektowanie, m.in. stateczności zboczy, obudów głębokich wykopów, posadowienia bezpośredniego i pośredniego, konstrukcji oporowych, nasypów, itp. Zastosowanie MES pozwala także na analizę bardziej zaawansowanych zagadnień inżynierskich, tj. tunele, zapory wodne, konsolidacja czy przepływ wody. Programy GEO5 posiadają niezwykle intuicyjne środowisko pracy, np. umożliwiają prostą wymianę danych przez schowek, import danych w formatach dxf, txt, xls, proste generowanie graficznych i tekstowych raportów z obliczeń, zawierają wbudowaną pomoc kontekstową, bazę gruntów i norm oraz wiele innych udogodnień.

