

WIZUALIZACJA KOMPUTEROWA POWIERZCHNI KONTAKTU OPON Z PODŁOŻEM

Wojciech Mueller, Zbigniew Błaszkiwicz, Michał Gruszczyński
Instytut Inżynierii Biosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. W dzisiejszych czasach, kiedy ilość informacji pozyskiwana z badań naukowych jest bardzo duża, istotnym jest, aby dane te przedstawić w sposób ułatwiający ich późniejszą analizę i prezentację. Dzięki ciągłemu rozwojowi technologii informatycznych, stwarzają one coraz większe możliwości wizualizacji wyników badań. Jednym z takich zagadnień, wymagających wizualizacji celem dokonywania dalszych analiz, jest kształtowanie się powierzchni współpracy opony z miękkim podłożem. Autorzy uwzględniając możliwości przekształcenia modelu abstrakcyjnego do postaci materialnej, zdecydowali się na wykorzystanie środowiska AutoCAD. W celu wizualizacji danych pozyskanych z programu KONTAKT, wyznaczającego parametry opisujące powierzchnię współpracę opony z glebą, i przeprowadzenia założonych obliczeń geometrycznych wytworzono dwie niezależne aplikacje o zbliżonych funkcjonalnościach z wykorzystaniem języka Visual Basic for Application oraz C# stanowiącego element technologii .NET. Te poniekąd zdublowane działania to skutek problemów implementacyjnych, jakie napotkano z wykorzystaniem pierwszego narzędzia. Czyli to podstawę porównania użytych technologii, które to porównanie wraz z omówieniem funkcjonalności wytworzonych aplikacji stanowią przedmiot niniejszego artykułu.

Słowa kluczowe: opona, podłoże miękkie, wizualizacja, AutoCAD, VBA, AutoCAD.NET

Wprowadzenie

Rozwój nowych technologii informatycznych stwarza coraz większe możliwości wizualizacji wyników badań, co nie tylko poprawia czytelność przekazu, ale równocześnie ułatwia proces analizy uzyskanych danych. Należy zauważyć, że równolegle obserwujemy ciągły wzrost pozyskiwanych danych. Powodowany jest on z jednej strony automatyzacją procesu pomiarowego, a z drugiej coraz częstszym stosowaniem symulacji komputerowych. Wymaga to jednak uprzedniego odwzorowania sformalizowanego modelu dotyczącego jakiegoś wycinka rzeczywistości w formie struktur informatycznych.

Wymienione wyżej tendencje powodują komplikacje w procesie wizualizacji wyników badań, co oczywiście może być rozwiązane poprzez wytworzenie kolejnych dedykowanych systemów informatycznych.

Jednym z zagadnień wymagających wizualizacji, celem dokonywania dalszych analiz, jest kształtowanie się powierzchni współpracy opony z miękkim podłożem. Aktualnie dysponujemy modelem do identyfikacji oporów toczenia oraz prognozowania wielkości powstającej koleiny i towarzyszących jej zmian gęstości objętościowej gleby (Błaszkiwicz, 1997, 2006). Przy budowie wspomnianego modelu została wykorzystana oryginalna, uproszczona metoda wyznaczania trójwymiarowej powierzchni współpracy opony z glebą, bazująca na odkształceniach opony w pionowej osi koła, wyznaczonych doświadczalnie w warunkach dynamicznych (Błaszkiwicz, 1990, 1996, 1997). Sygnalizowany model znalazł odwzorowanie w formie struktur informatycznych w postaci specjalistycznej aplikacji KONTAKT (Błaszkiwicz, 1997).

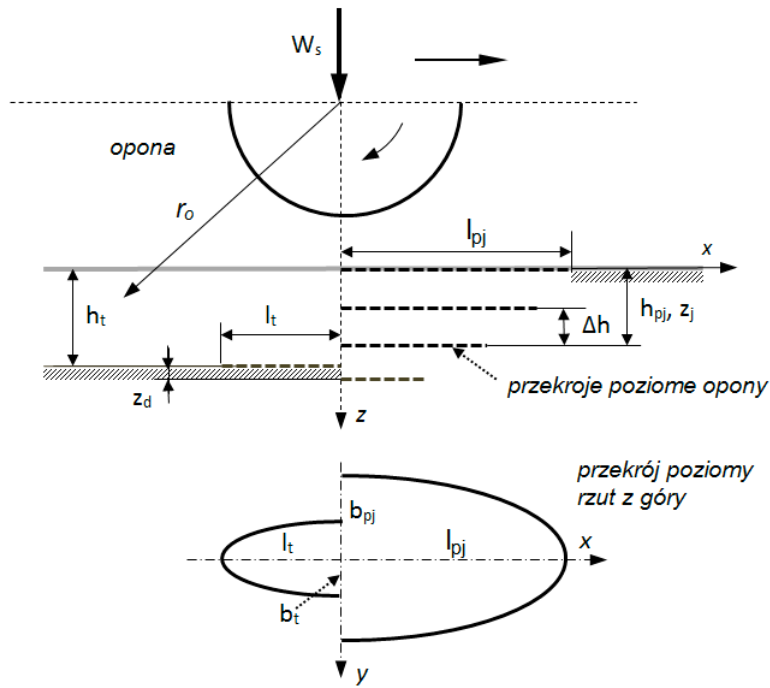
Cel pracy

Wizualizacja dość obszernych danych uzyskanych z symulacji komputerowych na bazie wspomnianego narzędzia badawczego, jakim jest aplikacja KONTAKT, wymagała zaprojektowania i wytworzenia kolejnego systemu informatycznego. Powstała i prezentowana poniżej nowa aplikacja pozwala nie tylko na przestrzenną prezentację wspomnianych danych w środowisku AutoCAD przy zdefiniowanym przez użytkownika punkcie obserwacji, ale również na wykonanie szeregu obliczeń geometrycznych. Została ona wykonana w dwóch różnych środowiskach programistycznych z użyciem różnych języków, co dało możliwość porównania zaproponowanych technologii.

Metodyka wyznaczania powierzchni kontaktu

Dostarczycielem danych, które będą podlegały wizualizacji, jest sygnalizowana wcześniej aplikacja KONTAKT. W niej odwzorowano między innymi uproszczoną metodykę wyznaczania trójwymiarowej powierzchni kontaktu opon pneumatycznych z podłożami miękkimi (glebą) (Błaszkiwicz, 1997). Parametry charakteryzujące tą powierzchnię są obliczane na podstawie wymiarów geometrycznych opony (r , h , H , b) – rysunek 1, oraz jej odkształceń promieniowych r_d i bocznych b_d , zachodzących w pionowo-poprzecznej płaszczyźnie symetrii koła. Uwzględniono w niej również wielkość unoszenia gleby z_d , która ma miejsce za pionową osią koła.

Z perspektywy omawianej metodyki powierzchnia kontaktu opony z glebą jest opisywana poprzez przekroje powstałe w wyniku cięcia opony płaszczyznami poziomymi. Przekrojami w rozpatrywanym modelu są elipsy jednoznacznie określone przez osie l_{pj} , b_{pj} oraz głębokość h_{pj} (z_j) – rysunek 1, które uzyskujemy z symulacji komputerowych. Ta sytuacja nie dotyczy tylnej części koła, czyli fragmentu opony znajdującej się za pionową osią koła. Powierzchnia kontaktu opony z glebą w tym przypadku jest płaska, opisana przez elipsę leżącą na głębokości h_t , którą charakteryzują osie l_t , b_t .



Rysunek 1. Wielkości geometryczne, wykorzystywane do wyznaczania metodą uproszczoną trójwymiarowej powierzchni kontaktu opony z podłożem miękkim oraz wielkości ją opisujące

Figure 1. Geometric quantities used for determination (simplified method) of the 3D contact area of a tyre and the soggy soil and the physical quantities connected with them

Modelowanie i użyte technologie

Oceniony początkowo mały stopień złożoności aplikacji spowodował, że autorzy świadomie zrezygnowali z fazy projektowania w notacji UML. Tym bardziej że pierwszym z przyjętych środowisk programistycznych było VBA, narzucające język, który nie jest wspierany przez istniejące narzędzia w procesie przekształcania zbudowanego modelu do postaci kodu źródłowego.

Początkowo zamierzeniem autorów było wytworzenie aplikacji na bazie środowiska VBA, które jest integrowane z AutoCAD-em i od dłuższego czasu jest wspierane przez Autodesk, podobnie jak najstarszy interfejs programistyczny Visual LISP. Jednak szereg sytuacji problemowych, z którymi zetknęli się autorzy w procesie implementacyjnym, skłonił ich do sięgnięcia do nowszej, sukcesywnie rozwijanej technologii kompatybilnej ze środowiskiem.NET.

Podstawowym budulcem prezentowanej aplikacji wytworzonej w środowisku VBA jest model obiektowy AutoCAD, który dostarcza szeroki wachlarz klas wyposażonych we właściwości oraz metody pozwalające nie tylko na tworzenie elementów graficznych 2D i 3D, ale również na wielowariantowy ogląd powstałego modelu geometrycznego (Sutphin, 2006).

Podobne, aczkolwiek szersze, możliwości tkwią w trzech podstawowych bibliotekach AcCoreMgd, AcDbMgd i AcMgd dostępnych dla środowiska Visual Studio 2012, gdzie – w odróżnieniu od poprzedniego narzędzia – nie jesteśmy ograniczeni do jednego języka programowania. Kolejną niewątpliwą zaletą jest dostęp do szerszego wachlarza najnowszych technologii i bibliotek dostępnych z wybraną platformą programistyczną (Autodesk, 2013).

Aplikacja do wizualizacji powierzchni kontaktu opony z glebą

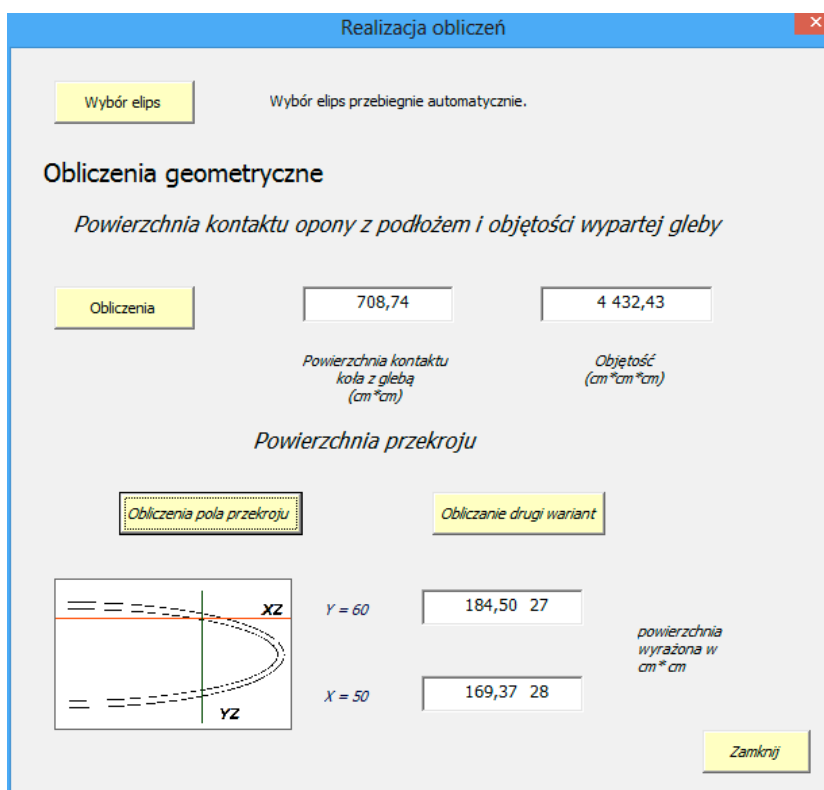
Aplikacje w obu technologiach tworzą chronologicznie uporządkowane formularze. Pierwszy z nich umożliwia generowanie w przestrzeni modelu powierzchni kontaktu opony z podłożem miękkim. Jest to realizowane na podstawie zbioru danych wygenerowanych przez aplikacje KONTKT i dostępnych w pliku CSV oraz informacji pobranych od użytkownika, co ilustruje rysunek 2.

The screenshot shows a window titled "Ustawienia" (Settings) with a blue border. The main content area is titled "Elipsa dolna" (bottom ellipse). It contains several input fields: "Pół oś duża [cm]" with the value "19.36", "Pół oś mała [cm]" with "3.9", and "Głębokość [cm]" with "-6.5". Below these are "Kąt - początku elipsy - A" with "-90" and "Kąt - końca elipsy - B" with "90". A diagram shows a semi-elliptical shape with a center point, two radii labeled "A" and "B", and a depth dimension. A red warning message says "Uwaga!!! Kąty podajemy w mierze kątowej!". At the bottom, there are three input fields for "Współrzędna X", "Współrzędna Y", and "Współrzędna Z", all containing the value "1". A "Dalej" (Next) button is located at the bottom right.

Rysunek 2. Formularz aplikacji C# pozwalający na wizualizację powierzchni kontaktu opony z glebą

Figure 2. C# application's form for visualization of the contact area of a tyre and the soil

Jednocześnie w tym kroku, mamy możliwości modyfikacji punktu obserwacji, który gwarantuje nam pożądany widok powierzchni kontaktu. Dalsze działania mogą być realizowane poprzez użycie kolejnego formularza. Z tego poziomu mogą być dokonywane obliczenia geometryczne, obejmujące identyfikację pola powierzchni kontaktu opony i objętości wypartej gleby. Dodatkowo możemy kreślić krawędzie i wyznaczać pola powierzchni przekrojów uzyskanych w efekcie cięcia płaszczyznami YZ i ZX – rysunek 3. Lokalizacja płaszczyzny cięcia jest określana przez użytkownika.



Rysunek 3. Interfejs użytkownika w technologii VBA do realizacji obliczeń geometrycznych
Figure 3. User's interface in VBA for the execution of the geometric calculations

Obliczanie przybliżone pola powierzchni przekroju możliwe jest na wiele sposobów i okazało się dość problematyczne na poziomie VBA. Z uwagi na fakt, iż autorzy zdecydowali się na wizualizację krawędzi przekroju, uzasadnionym rozwiązaniem do określenia pola przekroju wydawało się wykorzystanie właściwości Area. Tę właściwość posiada wiele obiektów AutoCAD-a. Do grupy tej zaliczają się między innymi obiekty Hatch (kreskowanie), Region (region), polilinie płaskie i wiele innych. Najprostszą drogą prowadzącą do wyznaczenia powierzchni było zatem utworzenie obiektu Hatch lub Region na bazie już istniejących i wykreślonych krawędzi. Jednak użycie właściwych metod z jednoczesnym

przekazaniem im krawędzi jako argumentów wejściowych w obu przypadkach zakończyło się niepowodzeniem, niezależnie od typu polilinii 2D czy 3D. Nieefektywna okazała się również próba scalenia, z zachowaniem określonego porządku, dwóch jednowymiarowych tablic opisujących wierzchołki polilinii. Nowo powstała tablica, oczywiście jednowymiarowa, miała stanowić podstawę utworzenia jednej zamkniętej polilinii płaskiej. Tego typu obiekt, jak już wspomniano, dysponuje odpowiednimi właściwościami, za którymi kryje się długość obwodu i powierzchnia objęta polilinią.

Zasygnalizowane wyżej problemy tylko częściowo dotyczyły drugiej technologii dostępnej na poziomie środowiska programistycznego Visual Studio 2012. Tworzenie polilinii jest tym razem realizowane nie na podstawie jednowymiarowych tablic, lecz kolekcji punktów 2D lub 3D, w zależności od przyjętego rodzaju polilinii. Kolekcje te mogą być bez problemu przekształcane do postaci zgodnej z interfejsem `IEnumerable<T>`, pozwalającym na wykorzystanie technologii LINQ to Object (Freeman i in., 2010; Magennis, 2012). To wygodne narzędzie daje potężne możliwości, zatem utworzenie nowej uporządkowanej kolekcji na podstawie dwóch innych zbiorów punktów, stanowiącej podstawę budowy nowej polilinii, nie stwarzało problemu. Powstała polilinia 3D z poziomu kodu jako obiekt udostępnia właściwość `Area`, która nie jest dostępna podczas interaktywnej pracy z AutoCAD-em.

Podsumowanie

Podjęte działania, których efektem są dwie aplikacje o prawie równorzędnych funkcjonalnościach, obejmujących wizualizację powierzchni kontaktu opony z glebą oraz obliczenia geometryczne z nią związane, zaimplementowane w oparciu o różnorodne technologie, pozwoliły na sformułowanie poniższych uwag i wniosków:

- Dostępne interfejsy programistyczne AutoCAD-a umożliwiają budowę aplikacji do wizualizacji obszernych wyników badań, w tym prowadzonych nad współpracą opony z glebą. Uzyskane wizualizacje niewątpliwie wspierają dalszą analizę danych, a dodatkowo osadzenie ich w AutoCAD ułatwi proces przekształcania modeli abstrakcyjnych w modele materialne, co jest z reguły wymagane na etapie ich weryfikacji.
- Technologia VBA, aczkolwiek nie najnowsza, pozwala z reguły na szybszą implementację zdefiniowanej funkcjonalności, pod warunkiem że nie napotkamy na problemy. Należy przypuszczać, że ta cecha decyduje o ciągłym wspieraniu tego interfejsu programistycznego przez Autodesk, o czym przekonuje najnowsza wersja AutoCAD 2014.
- Alternatywna, nowsza technologia zgodna z platformą .NET, użyta do wytworzenia drugiej aplikacji wymaga co prawda większych nakładów pracy programistycznej, ale oferuje zdecydowanie większą paletę komponentów i narzędzi informatycznych.

Litratura

- Błaszkiwicz, Z. (1990). A method for the determination of the contact area between a tyre and the soil. *J. of Terramechanics*, 27(4), 263-282.
- Błaszkiwicz, Z. (1996). Research methods and measurement results of agricultural tyre deflections on soil, Part I, A method for measuring radial and longitudinal tyre deflections. *Ann. Rev. of Agricultural Engineering*, 1(1), 131-138.

- Błaszkiwicz, Z. (1997). *Analiza wpływu wybranych parametrów opon rolniczych na ugniatanie gleby*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy naukowe, 271.
- Błaszkiwicz, Z. (2006). Model do wyznaczania oporu toczenia opon. *Inżynieria Rolnicza*, 2, 137-144.
- Freeman, A.; Rattz C. (2010). *Pro LINQ: Language Integrated Query in C#2010*. Apress, ISBN-13: 978-1-4302-2654-3.
- Magennis, T. (2012). *LINQ to Objects w C# 4.0 wygodne operacje na danych*. Helion, ISBN 978-83-46-3609-9.
- Sutphin, J. (2006). *VBA: A Programmer's Reference*. Apress, ISBN: 1-59059-579-3.
- AutoCAD .NET Developer's Guide*. Autodesk, 2013. Pozyskano z: <http://exchange.autodesk.com/autocadmep/enu/online-help/browse#WS73099cc142f48755a52158612bd434e551-7fd5.htm>.

COMPUTER VISUALIZATION OF THE CONTACT AREA OF A TYRE AND THE SOGGY SOIL

Abstract. Nowadays, when the amount of information which is collected by research is huge, it is crucial to show this data in a manner that will facilitate their analysis and presentation. Due to constant information technologies development, they let us better visualize results of the research. The contact area of a tyre and the soggy soil is one of the issues where the data visualization is important for further analyses. The authors have considered the possibilities for transforming the abstract model into a material form and they have decided to use AutoCAD environment. Two separate applications with similar functionalities, by means of both Visual Basic for Applications and C#, part of the .NET platform, were developed in order to visualize the data collected from KONTAKT application which determine the parameters of the contact between a tyre and the soil and to perform a complex geometrical calculations. These quasi-doubled actions result from many implementation problems whilst using VBA. This was the basis for comparison of the used technologies, which along with description of functionality of the applications constitute the subject of this article.

Key words: tyre, soft base, visualization, AutoCAD, VBA, AutoCAD .NET

Adres do korespondencji:

Wojciech Mueller; e-mail: muellerw@up.poznan.pl
Instytut Inżynierii Biosystemów
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 50
60-627 Poznań