

## ERGONOMICZNA OCENA GEOMETRII STANOWISKA PRACY

Paweł Kiełbasa, Piotr Budyn, Krzysztof Klamka,  
Filip Kadłuczka, Kazimierz Nalepa

*Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa, Akademia Rolnicza w Krakowie*

**Streszczenie.** Jedną z podstawowych czynności wykonywanych w ramach atestacji stanowisk pracy jest ocena przestrzennego rozplanowania obszaru stanowiącego to stanowisko. Umożliwia określenie zgodności wymiarów liniowych i kątowych stanowiska pracy z wymogami wynikającymi ze zróżnicowania danych antropometrycznych potencjalnych użytkowników. Celem pracy była budowa i zastosowanie programu komputerowego umożliwiającego ocenę rozmieszczenia urządzeń sterowniczych ciągników i maszyn rolniczych. Metoda będąca przedmiotem opracowania polega na graficznym badaniu urządzeń sterowniczych względem przestrzeni określonej optymalnym obszarem pracy rąk i nóg. Aplikacja działająca na bazie AutoCada napisana w języku AutoLisp pozwoliła w szybki i bardzo precyzyjny sposób ustalić pozycje ręcznych urządzeń sterowniczych, pedałów nożnych oraz obiektywną ocenę ergonomiczną.

**Słowa kluczowe:** ergonomia, optymalny zasięg rąk i nóg, urządzenia sterownicze

### Wprowadzenie

Organizowanie stanowiska pracy to takie zestawienie środków i sposobów ich użycia, które umożliwi wykonawcy realizację postawionego mu zadania w sposób właściwy. Prawidłowa organizacja stanowisk roboczych ma na celu osiągnięcie optymalnych wyników ekonomicznych przez zwiększenie wydajności i poprawę jakości pracy. Duże znaczenie przy projektowaniu stanowisk pracy ma prawidłowe rozmieszczenie w przestrzeni wszystkich punktów, które człowiek musi dostrzec i na które musi oddziaływać. Powinny być one tak rozmieszczone, aby pracownik odbierał dokładną informację o stanie urządzenia, a w wyniku tego mógł przeprowadzić zmiany w jego działaniu w sposób najbardziej bezpieczny i niewymagający nadmiernego wysiłku. Rozwój mikroelektroniki stworzył szansę upowszechnienia metod i technik wspomagających projektowanie układów człowiek-maszyna w formie systemów komputerowych. Większość znanych i dostępnych na rynku systemów ergonomicznych ma formę pakietu CAD o mniej lub bardziej rozwiniętych funkcjach projektowych, skoncentrowanych na budowie manekina np.: system APO-LIN, JACK, ANTHROPOS, HEINER. Pozwalają one również na wywołanie z odpowiednich baz danych obiektów prostych i złożonych oraz modeli manekinów o odpowiednich cechach. Umożliwiają wyświetlenie tych elementów na ekranie monitora, widocznych z dowolnego punktu przestrzeni projektowej. Realizują także funkcje typowo ergonomiczne, jak generowanie pola widzenia wybranego manekina, generowanie zbioru informacji biomechanicznych, czy też badanie zasięgów i wymiarów stanowisk pracy poprzez pozycjonowanie manekina i jego segmentów w przestrzeni [Górska i in. 1998].

## Cel i zakres pracy

Metoda będąca przedmiotem opracowania polega na graficznym badaniu urządzeń sterowniczych względem przestrzeni określonej optymalnym obszarem pracy rąk i nóg. Metoda ma charakter przybliżony, gdyż jest utrudnione wierne odtworzenie wszystkich ruchów i zasięgu kończyn operatorów podczas pracy.

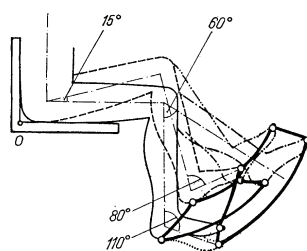
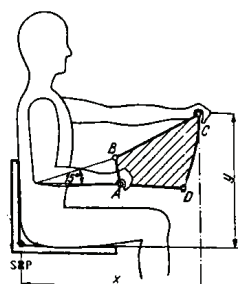
Celem pracy była budowa i zastosowanie programu komputerowego umożliwiającego ocenę rozmieszczenia urządzeń sterowniczych ciągników i maszyn rolniczych w nieskomplikowany sposób.

Analiza przestrzennego rozplanowania stanowiska pracy dotyczy wymiarów granicznych odpowiadających piątemu, pięćdziesiątemu i dziewięćdziesiątemu piątemu centylowi populacji mężczyzn i populacji kobiet wg Atlasu antropometrycznego [Gedliczka 2001] dorosłej ludności Polski dla potrzeb projektowania.

## Przebieg i wyniki pracy

Program został napisany w języku AutoLISP. Jest to język dość prosty i zrozumiały, łatwy w nauce i praktyczny w wykorzystaniu, jak również dobrze opisany w podręcznikach użytkownika. Możliwość sprawdzenia działania w linii poleceń, ułatwia testowanie. Jest idealnie powiązany z AutoCAD pozwalając rozszerzać zestaw standardowych poleceń, przez co istnieje możliwość tworzenia rozwiązań ściśle dostosowanych do bardzo specyficznych zastosowań. Możliwość prawie nieograniczonego manipulowania obiektami rysunku, pozwala na wprowadzenie, wielu metod automatyzacji często powtarzanych czynności koniecznych do stworzenia rysunku. Edytor tekstowy Visual LISP jest całkowicie konfigurowalnym środowiskiem wyposażonym w edytor kodu, zapewniającym zwiększenie wydajności i odpowiedni komfort pracy. Standardowe menu programu znajduje się w katalogu AutoCAD/Support. Plik ten nosi nazwę Ergonomia.mnl, dla przyspieszenia ładowania się programu, po każdej zmianie pliku zostaje skompilowany przez AutoCAD.

Do oceny prawidłowego rozmieszczenia dźwigni urządzeń sterowniczych wykorzystano optymalne obszary pracy rąk i nóg opracowane przez Morgana [Morgan i in. 1963]. Opiera się na wykreśleniu - na podstawie danych antropometrycznych dla danej populacji - przestrzeni, w której powinny się znajdować urządzenia sterownicze [Zalewski 1985]. Schematycznie obszar ten w rzucie pionowym oznaczony jest punktami A,B,C,D (rys. 1), których współrzędne określa się na podstawie:

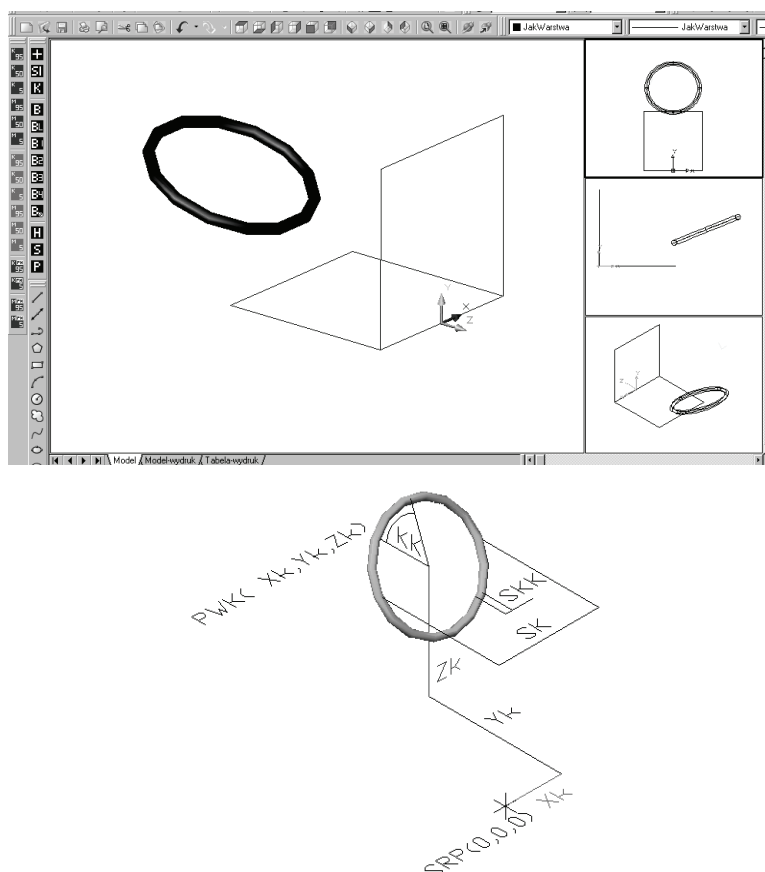


- A – jako położenie środka dłoni zwinętej w pięść, przy opuszczonym ramieniu i kącie łokciowym  $90^\circ$
- B – jako położenie środka dłoni zwinętej w pięść, przy opuszczonym ramieniu i kącie łokciowym  $75^\circ$
- C – jako położenie środka dłoni zwinętej w pięść, ręki wyprostowanej poziomo w przód na wysokości barku
- D – jako punkt przecięcia prostej poziomej przechodzącej przez wierzchołek A i łuku zatoczonego przez środek pięści wyprostowanej ręki przy ruchu w dół z wierzchołka C.

Rys. 1. Optymalny zasięg pracy rąk i nóg wg. Morgana

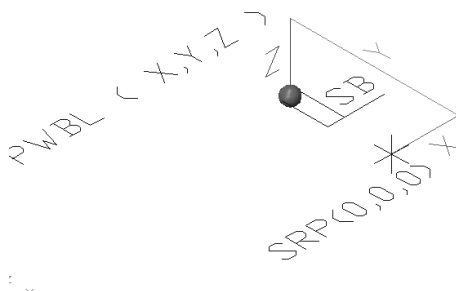
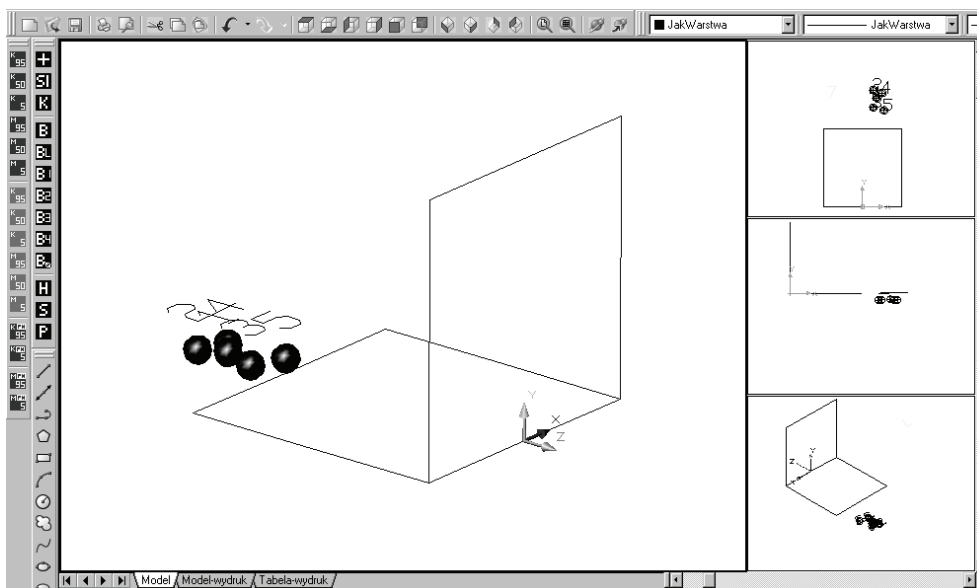
Fig. 1. Optimum hand and leg reach during work according to Morgan

Wykonanie rysunku stanowiska pracy wymaga podania wartości liczbowej trzech współrzędnych (o koordynacji  $x,y,z$ ) określających położenie urządzeń sterowniczych względem punktu bazowego SRP (seat reference point). Wielkość urządzenia sterowniczego, np. średnica gałki rękojeści, gabaryty płytek oporowych pedałów dobierana jest z katalogu (bazy danych). Proces rysowania opiera się na warstwach, które umożliwiają rysowanie i modyfikację dowolnie wybranego elementu, któremu odpowiada dana warstwa. Tak więc każdy element rysunku to oddzielna warstwa. Dla wyjaśnienia działania programu posłużono się rzeczywistym ciągnikiem VITHAR 800 którego poszczególne urządzenia sterownicze przedstawiono na poniższych rysunkach. Początek rysowania zaczyna się od wyznaczenia punktu SRP i automatycznego narysowania siedziska. Następnie wrysowywana zostaje kierownica (rys. 2) po wpisaniu współrzędnych położenia względem SRP w oknie dialogowym programu.



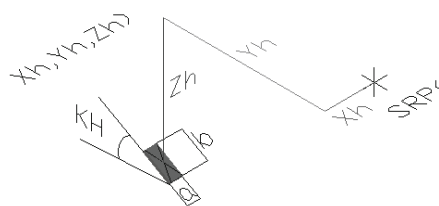
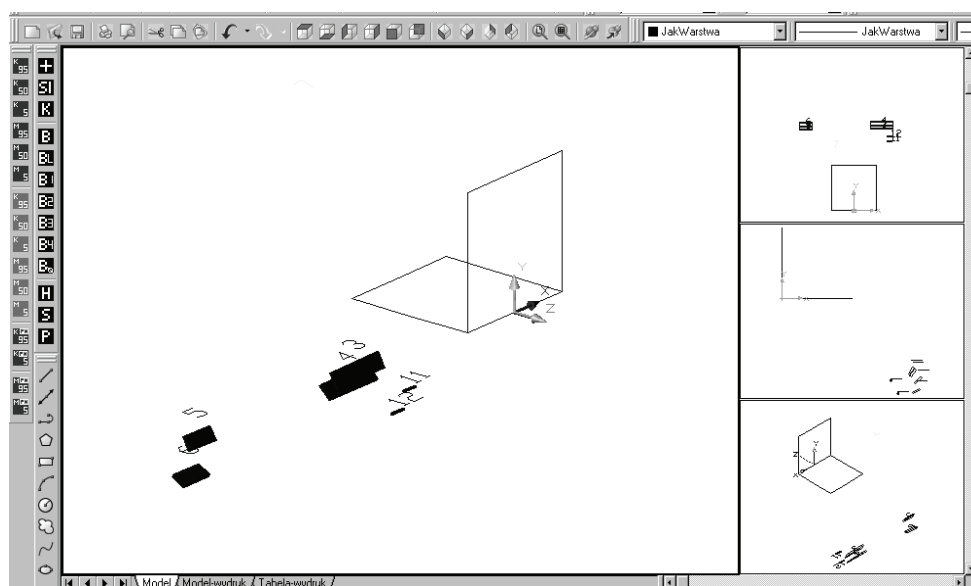
Rys. 2. Widok ekranu w trakcie rysowania kierownicy  
 Fig. 2. Vie of the computer screen during the drawing of the steering wheel

Należy zaznaczyć, że kolejność rysowania poszczególnych urządzeń sterowniczych jest dowolna. W przypadku rysowania rękojeści dźwigni zmiany biegów (rys. 3) użytkownik orientuje je względem punktu do SRP wpisując w wierszu poleceń zmierzone wartości natomiast w celu uniknięcia błędów i sprawności procesu rysowania na ekranie ma do dyspozycji graficzno-słowną instrukcję kolejności postępowania.



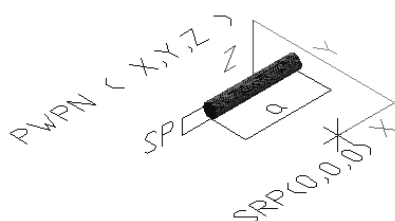
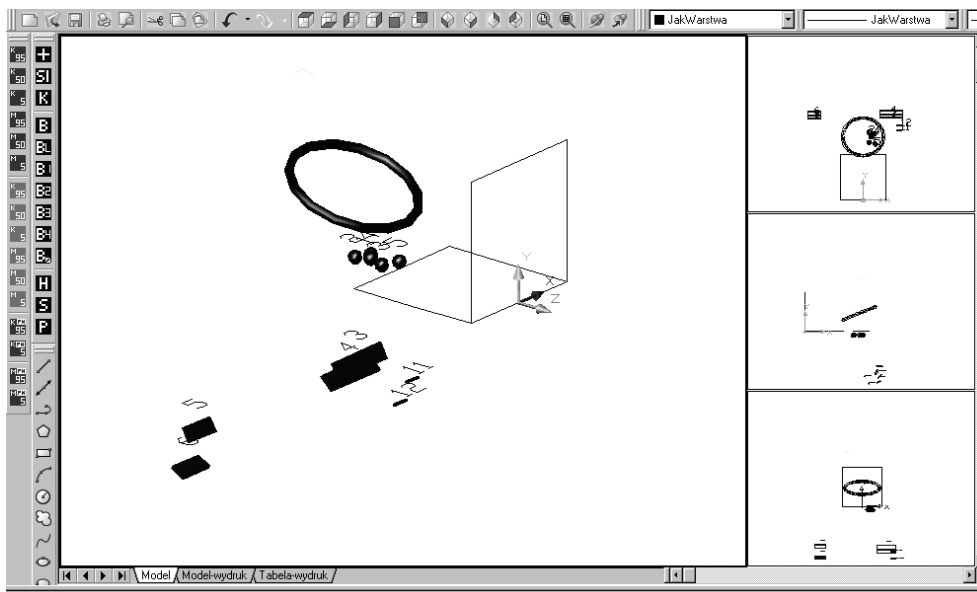
Rys. 3. Widok ekranu w trakcie rysowania rękojeści dźwigni zmiany biegów  
Fig. 3. Vie of the computer screen during the drawing of the hand grip of the gear lever

Procedura postępowania podczas rysownia pedałów nożnych (rys. 4) jest analogiczna do ww. co prowadzi do znacznej szybszej nauki obsługi programu. W oknie dialogowym możemy określić wymiary płytki oporowej tzn. długość i szerokość. Po wrysowaniu płytki w położeniu neutralnym program wymusza wpisanie współrzędnych płytki w położeniu roboczym.



Rys. 4. Widok ekranu w trakcie rysowania pedałów nożnych  
Fig. 4. Vie of the computer screen during the drawing of the foot pedals

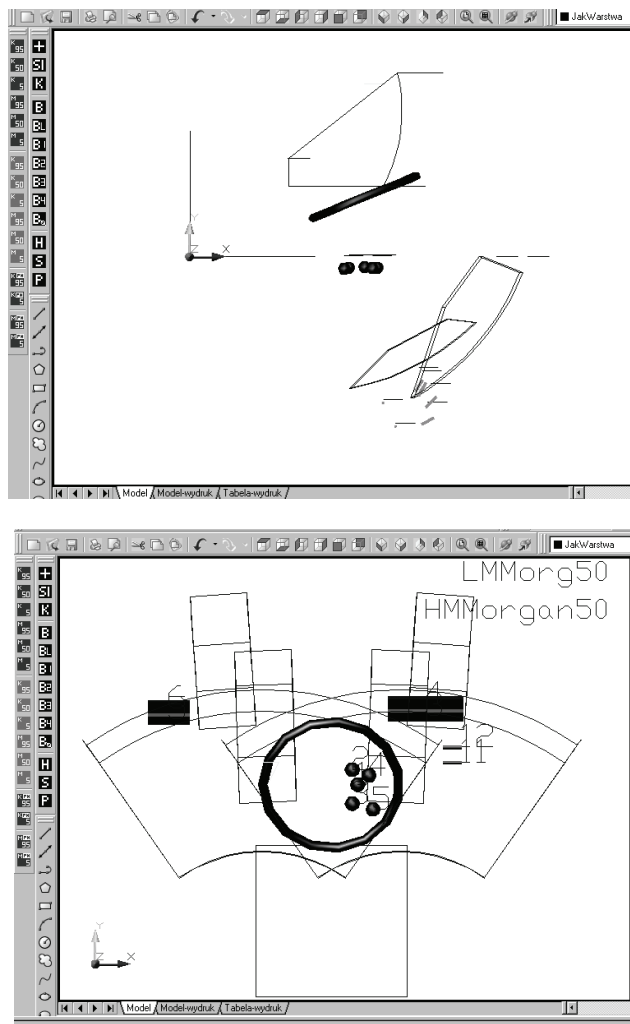
W przypadku zróżnicowanych kształtów nożnych urządzeń sterowniczych istnieje możliwość narysowania innego kształtu np. przedstawionego na rysunku 5 (prawa strona) walca. Po narysowaniu ocenianych urządzeń sterowniczych (rys. 5) i nałożeniu warstw otrzymujemy trójwymiarowy rysunek z graficznym rozmieszczeniem urządzeń sterowniczych.



Rys. 5. Widok ogólny urządzeń sterowniczych ciągnika typu VITHAR 800

Fig. 5. General view of the controls of the VITAR 800 tractor

W celu dokonania oceny przestrzennego rozmieszczenia urządzeń sterowniczych zostają wrysowane optymalne i dopuszczalne obszary pracy rąk i nóg (rys. 6) dla wybranych centyli określonej populacji w opisywanym przypadku 50 centyl populacji męskiej. Oceny dokonuje się poprzez porównanie stanu rzeczywistego z normami optymalnej pracy rąk i nóg operatora ciągnika zarówno w płaszczyźnie pionowej jak i poziomej.



Rys. 6. Rozmieszczenie urządzeń sterowniczych na stanowisku pracy ciągnika typu VITHAR 800 wraz z optymalnymi obszarami pracy rąk i nóg odpowiadającymi 50 centylowi populacji męskiej

Fig. 6. Location of the controls of the VITHAR 800 compared with the optimum workspace of hands and feet of the 50-th percentile of male population

W odniesieniu do ocenianego ciągnika można stwierdzić, że w płaszczyźnie poziomej nie budzi zastrzeżeń natomiast rozmieszczenie urządzeń sterowniczych w płaszczyźnie pionowej w większości przypadków jest poza obszarem optymalnym należy jednak pamiętać, że jest to ciągnik specjalistyczny umożliwiający zmianę pozycji operatora o 180° co wymusza takie rozplanowanie urządzeń sterowniczych.

## Podsumowanie

Reasumując, graficzno-komputerowa metoda konstrukcji i oceny ergonomicznej stanowiska pracy operatora ciągników i maszyn rolniczych w pozycji siedzącej pozwala na precyzyjne ustalenie pozycji rękojeści ręcznych urządzeń sterowniczych i pedałów nożnych oraz obiektywną ocenę w sposób nieskomplikowany. Ponadto daje możliwości symulacji rozmieszczenia urządzeń sterowniczych w fazie projektowania

## Bibliografia

- Gedliczka A.** 2001. Atlas miar człowieka – Dane do projektowania i oceny ergonomicznej. Centralny Instytut ochrony Pracy. Warszawa. ISBN 83-88703-38-2.
- Górska E., Tytyk E.** 1998. Ergonomia w projektowaniu stanowisk pracy – podstawy teoretyczne. PWN. Warszawa. ISBN: 83-7207-010-5.
- Morgan C.T., Cook J.S., Chapanis A., Lund M.W.** 1963. Human engineering guide to equipment design. Technology and Culture, Vol. 5, No. 1, pp. 112-114
- Zalewski P., Pleszczyński W.** 1985. Ergonomia dla mechanizatorów rolnictwa. Warszawa. ISBN 83-09-00014-6.

## ERGONOMIC ASSESSMENT OF THE GEOMETRY OF THE WORKING STATION

**Summary.** One of Basic part of a workplace test is the estimation of geometric features of this workplace. The aim of the project was the designing and application of a computer program enabling the testing of the location of controls of tractors and agricultural machines. The method which is the subject of the present paper is based on a graphic representation of controls and indices and the estimation of the correctness of their location with respect to the optimum workspace of the operator's hands and feet. The application acting on the base of AutoCad written in AutoLisp allows a quick and precise estimation of the location of hand controls, foot pedals and their objective ergonomic test.

**Key words:** ergonomic, optimum hand and leg reach, measuring controls

### Adres do korespondencji:

Paweł Kielbasa; e-mail: pkielbasa@ar.krakow.pl  
Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
ul. Balicka 116 B  
30-149 Kraków