

## INFORMATYCZNA OBSŁUGA STANOWISKA LABORATORYJNEGO POMIARÓW WILGOTNOŚCI GLEBY\*

*Leszek Piechnik, Ewa Frieske-Górska*  
*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

**Streszczenie.** W artykule zaprezentowano rezultaty opracowanego i testowanego programu informatycznego o nazwie „Pomiar wilgotności gleby”. Program jest przeznaczony do obsługi sondy z czujnikiem optoelektronicznym w obrotowym kanale glebowym. Wchodzi w skład stanowiska laboratoryjnego, na którym dokonywano pomiarów wilgotności gleby w ruchu. Pomiar taki nazwano pomiarem dynamicznym. Do mierzenia zastosowano czujnik optoelektroniczny, który pracuje metodą odbiciową w zakresie bliskiej podczerwieni (NIR). Zadaniem testowanego programu jest bieżąca rejestracja pomiarów z miernika wartości prądowych oraz przeliczanie ich na wartości wilgotności gleby. Program umożliwia wybór formuły matematycznej (aproksymacji), pozwalającej kalibrację czujnika względem badanego gatunku gleby. Rejestruje i oznacza względem czasu poszczególne serie pomiarowe oraz oblicza wartość średnią. Oprócz obsługi pomiarów dynamicznych program umożliwia rejestracje i pozostałe czynności przy pomiarach statycznych, wykonywanych ręcznie podczas opracowywania formuł kalibracyjnych czujnika względem wybranego gatunku gleby. Program przeszedł pozytywnie funkcjonalny etap testowania oraz etap współpracy z różnym sprzętem informatycznym. W efekcie został wdrożony do praktycznego użytkowania w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

**Słowa i frazy kluczowe:** program informatyczny, badania laboratoryjne, wilgotność gleby, pomiar w ruchu, czujnik

### Wprowadzenie

Zastosowanie komputerów w badaniach naukowych wymaga często specjalistycznego niestandardowego oprogramowania. Takie programy są stosowane zarówno w bardzo zaawansowanych technologiach badawczych, jak i w mniejszych eksperymentach. Jednym z takich podstawowych zastosowań jest komputerowa obsługa aparatury pomiarowej. Niestandardowe oprogramowanie jest szczególnie przydatne tam, gdzie użytkuje się wytwor-

---

\* Praca realizowana w ramach projektu badawczego MNiSW NR N N313 278639

rzoną aparaturę. W rezultacie komputer z takim oprogramowaniem służy do odbierania elektronicznych sygnałów, gromadzenia danych, rejestracji wyników pomiarowych, tworzenia i obsługi baz danych lub wykonywania określonych procedur, obliczeń i innych działań [Łoboda, Krysztofiak 2005; Szwedziak 2008; Zagała i in. 2010].

W ramach niniejszej pracy przedstawiono testowanie i wykorzystanie opracowanej aplikacji komputerowej, utworzonej na potrzeby komputerowej obsługi procesu badawczego na stanowisku laboratoryjnym do dynamicznych pomiarów wilgotności gleby. Rozbudowany i udoskonalony obrotowy kanał glebowy do badań laboratoryjnych umożliwia dynamiczne badania czujnika wilgotności gleby. W tym przypadku wykorzystano metodę odbiciową w zakresie bliskiej podczerwieni (NIR). Metoda odbiciowa wykorzystuje związek pomiędzy wilgotnością gleby, a jej fizyczną cechą do odbicia lub absorpcji promieniowania elektromagnetycznego [Piechnik 2011; Viscarra Rossel i in. 2010; Weerasinghe 2007]. Badania zawartości wody w glebie prowadzone są przez wielu badaczy przy użyciu spektrofotometrów lub czujników pracujących w zakresie bliskiej podczerwieni [Price, Gaultney 1993; Sudduth, Hummel 1993; Shibushawa i in. 2000; Piechnik 2011].

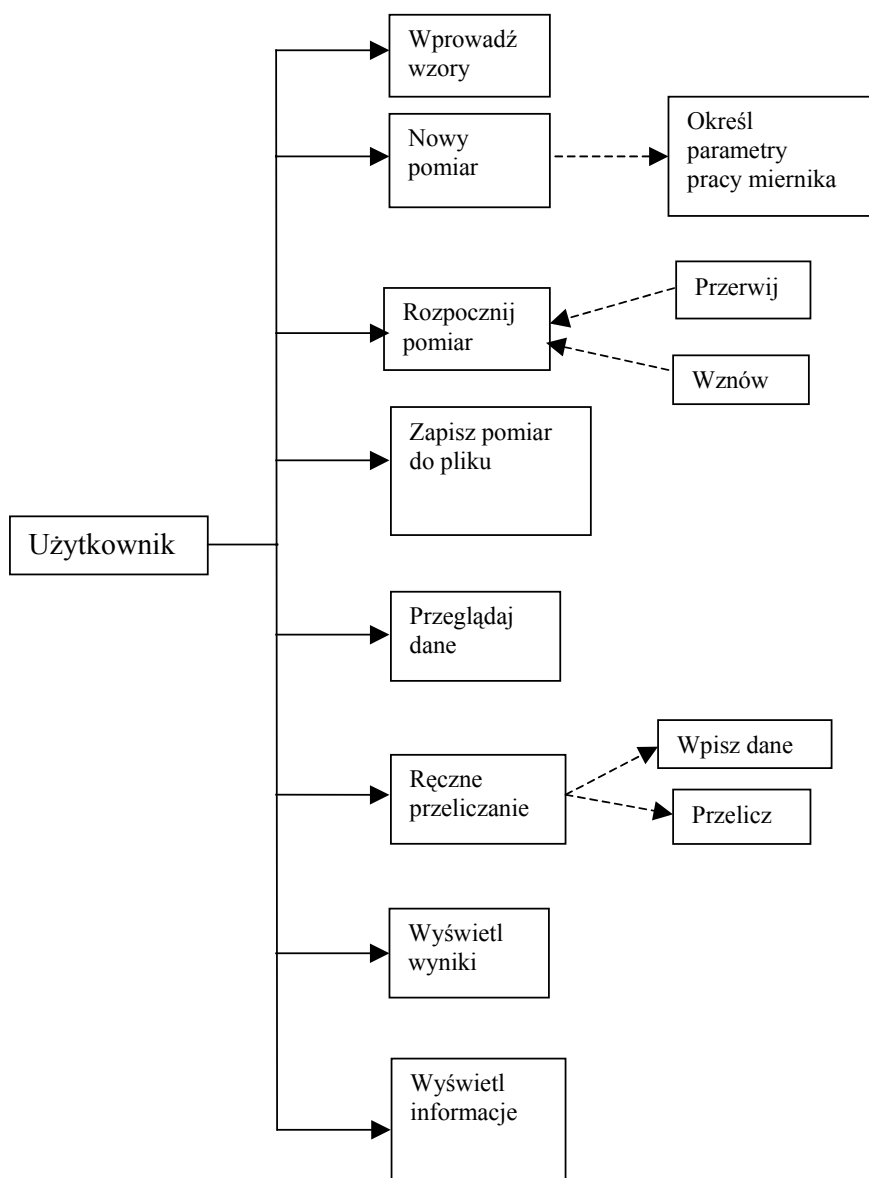
W pomiarach dynamicznych (dokonywanych w sposób ciągły) powstaje znaczna liczba wyników pomiarów. Czynności takie, jak rejestracja, przeliczanie oraz interpretacja wyników w sposób ręczny mogą okazać się trudne lub wręcz niemożliwe. Stąd konieczność zastosowania rozwiązań informatycznych.

Celem pracy było opracowanie programu komputerowego pt.: „*Pomiar wilgotności gleby*” z bazą równań kalibracyjnych do obsługi stanowiska laboratoryjnego do dynamicznych pomiarów wilgotności gleby z wykorzystaniem optoelektronicznego czujnika. Ponadto celem było podjęcie próby wdrożenia programu do badań realizowanych w obrotowym kanale glebowym.

## **Material i metodyka**

Przesłanką do powstania programu informatycznego „*Pomiar wilgotności gleby*” było dążenie do usprawnienia badań czujnika do dynamicznych pomiarów wilgotności gleby w warunkach laboratoryjnych, jak i w późniejszym etapie badań terenowych. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki pierwszego etapu pracy, który dotyczył usprawnienia badań laboratoryjnych. Usprawnienie to polegało na utworzeniu bazy równań – formuł matematycznej (aproksymacji), pozwalającej na dowolną kalibrację czujnika względem gleby, a następnie przeliczanie wartości napięcia prądu elektrycznego na wartości wilgotności gleby. Program zapisuje również długość serii i oblicza średnie wartości wilgotności. Oprócz pomiarów dynamicznych program umożliwia rejestrację i pozostałe czynności przy pomiarach statycznych, wykonywanych ręcznie podczas opracowywania formuł kalibracyjnych czujnika względem wybranego gatunku gleby. Po opracowaniu wzoru kolejnej kalibracji umieszczano ją w zakładce „Wzory”. Podczas testowania i oceny funkcjonalnej programu zwracano uwagę na dostosowanie sprzętowe oraz na jakość wykonywania poszczególnych zadań. Sprawdzanie dostosowania sprzętowego obejmowało komputery stacjonarne PC i notebooki pod względem wyposażenia w gniazda RS232 i USB oraz minimalne wymagania niefunkcjonalne dla programu.

Program składa się z sześciu zakładek kolejno o nazwie: „Pomiary”, „Podgląd”, „Wzory”, „Wyniki”, „Ręczne przeliczanie”, „Informacje”. Schemat struktury funkcjonalnej programu pokazano na rysunku 1.

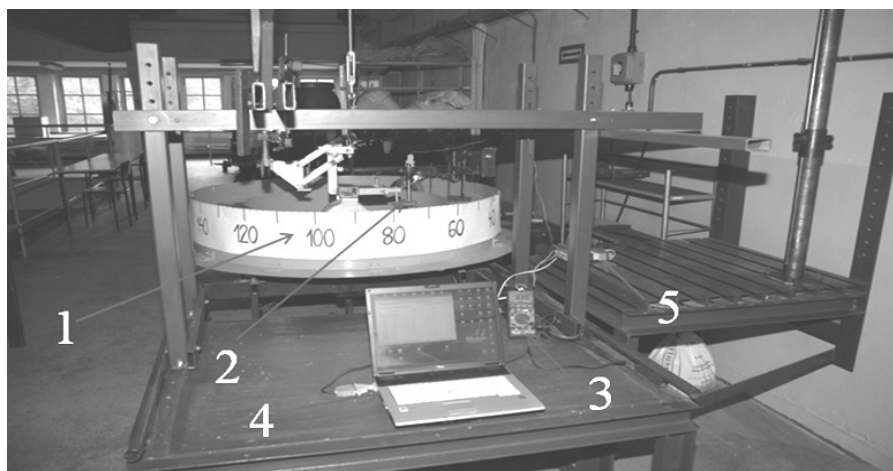


Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Diagram funkcjonalności programu  
Fig. 1. Diagram of the program functionality

Aplikację testowano na stanowisku do dynamicznych pomiarów wilgotności gleby (rys. 2), które w swym składzie posiada:

- obrotowy kanał glebowy, (1),
- sondę z czujnikiem optoelektronicznym, (2),
- miernik elektroniczny, (3),
- komputer stacjonarny / laptop, (4),
- zasilacz, (5).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Stanowisko do laboratoryjnych dynamicznych badań wilgotności gleby. 1 – obrotowy kanał glebowy, 2 – sonda z czujnikiem optoelektronicznym, 3 – miernik elektroniczny, 4 – laptop, 5 – zasilacz 12 V

Fig. 2. Laboratory test stand for dynamic measurement of soil humidity. 1 – rotary soil canal, 2 – meter with optoelectronic sensor, 3 – electronic meter, 4 – laptop, 5 – 12 V power supply

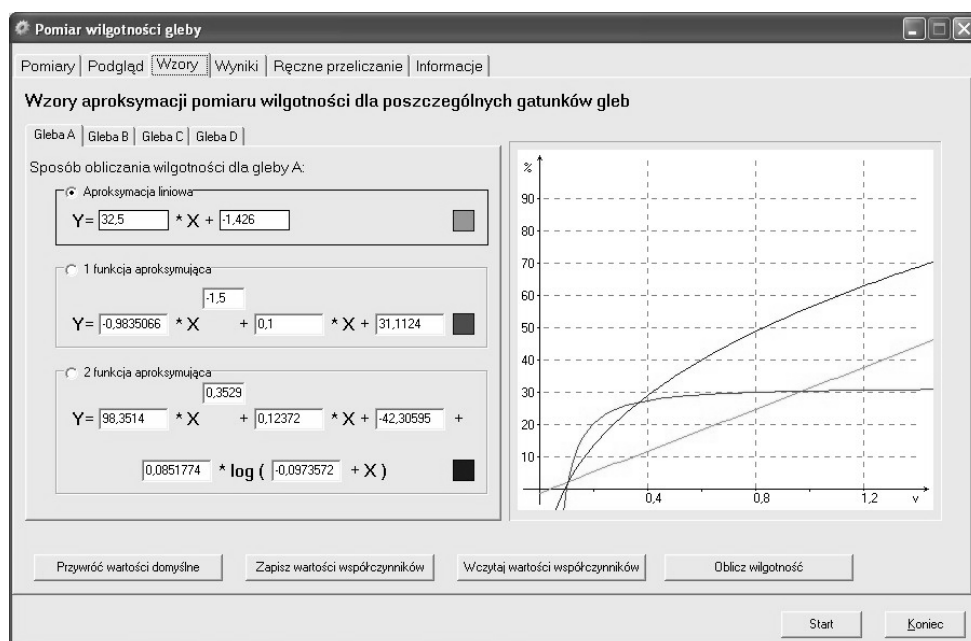
Czynności obsługowe na stanowisku badawczym w laboratorium podczas testowania aplikacji polegały kolejno na:

- zamocowaniu sondy z czujnikiem w glebie na odpowiedniej głębokości,
- włączeniu zasilania układu elektronicznego sondy pomiarowej, komputera i uruchomienie programu „Pomiar wilgotności gleby”,
- uaktywnieniu odpowiedniego wzoru kalibracji czujnika względem gleby,
- uruchomieniu napędu kanału obrotowego z wybraną prędkością,
- rozpoczęciu serii pomiarowej i śledzeniu jej w zakładce „Podgląd”,
- zakończeniu serii pomiarowej i zapisaniu danych i wyników do plików.

### **Wyniki testowania programu „Pomiar wilgotności gleby”**

Procedura testowania programu obejmowała wykonanie wszystkich czynności obsługowych na stanowisku badawczym, zmierzających do pomiaru wilgotności gleby w ruchu. Była przeprowadzona zgodnie z wcześniej zamieszczonym schematem funkcjonalnym

i wymaganiami sprzętowymi. Wyniki opracowanego i funkcjonującego programu zamieszczono w formie zrzutów ekranowych. Na pierwszym jest pokazana zakładka „Wzory” (rys. 3), na której widzimy wgrane zestawy wzorów kalibracyjnych. Czynność tę wykonuje się przed połączeniem aparatury z komputerem i rozpoczęciem pomiarów. W tej zakładce sprawdzano poprawność wprowadzonych wzorów z pliku lub przywracanych domyślnie z programu, gdzie umieszczono jeden zestaw na stałe. Ponadto sprawdzano możliwość edycji współczynników wzoru wprowadzonego wcześniej. Czynności te wykonano wielokrotnie dla gleby A, gleby B, gleby C i gleby D. W każdym z tych czterech bloków są umieszczone po trzy wzory kalibracyjne do wyboru dla danego składu granulometrycznego, barwy i zawartości materii organicznej. Wzory uzyskano na podstawie uprzednio wykonanych badań kalibracyjnych dla 24 różnych gleb, wykorzystując zakładkę „Ręczne przeliczanie” dla pomiarów statycznych (rys. 7).



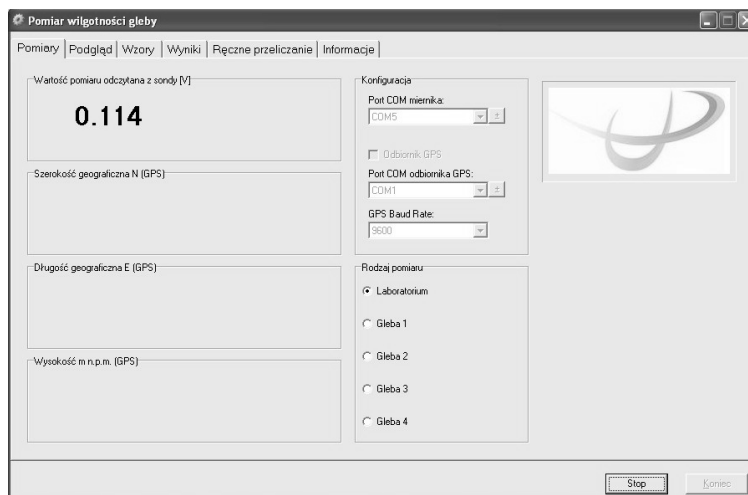
Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Zakładka programu „Wzory”

Fig. 3. The „Formulas” tab

Konfigurację urządzenia pomiarowego wykonano w zakładce „Pomiary” (rys. 4). W tym przypadku wybierano port podłączenia sondy z miernikiem do komputera „Konfiguracja” (Port COM5 miernika) oraz „Rodzaj pomiaru” (Laboratorium).

Ukazująca się wartość w okienku „Wartość pomiaru odczytana z sondy [V]” informuje, że trwa pobieranie sygnału z miernika. Na zakładce „Pomiary” przycisk „Koniec” kończy pracę z programem.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Zakładka „Pomiary”  
Fig. 4. The „Measurement” tab

Podczas realizacji pomiarów w obrotowym kanale glebowym dane były na bieżąco zapisywane w tabeli z możliwością sprawdzenia zapisu w zakładce „Podgląd” (rys. 5). Wiersz z danymi zawiera liczbę porządkową, datę i godzinę pomiaru, wartość odczytu, numer serii oraz obliczoną wilgotność danej gleby. Wyniki znajdujące się w tej zakładce można usunąć lub zapisać, jak również odczytać już istniejące dane z pliku.

Lp.	Godzina	Odczyt [V]	Seria	Pozycja N (GPS)	Pozycja E (GPS)	Wys. m n.p.m.	Wilgotność A % L	Wilgotność B % L	Wilgotność C % L	Wilgotność D % L
1183	08:42:41	0,115	9				2,312	4,955	6,563	3,332
1184	08:42:41	0,114	9				2,279	4,909	6,541	3,285
1185	08:42:42	0,114	9				2,279	4,909	6,541	3,285
1186	08:42:42	0,115	9				2,312	4,955	6,563	3,332
1187	08:42:43	0,115	9				2,312	4,955	6,563	3,332
1188	08:42:44	0,115	9				2,312	4,955	6,563	3,332
1189	08:42:44	0,117	9				2,376	5,045	6,607	3,426
1190	08:42:45	0,118	9				2,409	5,091	6,630	3,474
1191	08:42:45	0,118	9				2,409	5,091	6,630	3,474
1192	08:42:46	0,116	9				2,344	5,000	6,585	3,379
1193	08:42:46	0,116	9				2,344	5,000	6,585	3,379
1194	08:42:47	0,115	9				2,312	4,955	6,563	3,332
1195	08:42:47	0,113	9				2,246	4,863	6,519	3,238
1196	08:42:48	0,114	9				2,279	4,909	6,541	3,285
1197	08:42:48	0,115	9				2,312	4,955	6,563	3,332

Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Zakładka „Podgląd”  
Fig. 5. The „Preview” tab

Końcowe wyniki pomiarów można przejrzeć w zakładce „Wyniki” (rys. 6). Pozwala ona na usunięcie lub zapisanie wyników do pliku i ich wydrukowanie. Poszczególne kolumny dotyczą liczby porządkowej, daty i godziny rozpoczęcia serii pomiarowej oraz godziny jej zakończenia. Następnie mamy numer kolejny serii, liczbę pomiarów w serii i średnią wartość z serii. Dla tej średniej wyliczana jest wartość wilgotności gleby wyrażana w procentach i zapisywana w następnej kolumnie. Wyniki obliczane są automatycznie i w tej tabeli nie można ich modyfikować.

Lp.	Data	Godzina pocz.	Godzina końc.	Nr serii	Liczba pomiarów	Śr. pomiar [V]	Wilgotność A % L	Wilgotność B % L	Wilgotność C % L	Wilgotność D % L
16	2012-07-16	09:01:19	09:01:19	16	1	0,146	3,319	6,365	7,251	4,952
17	2012-07-16	09:01:19	09:01:19	17	1	0,146	3,319	6,365	7,251	4,952
18	2012-07-16	09:01:20	09:01:25	18	12	0,146	3,319	6,365	7,251	4,952
19	2012-07-16	09:01:29	09:01:49	19	40	0,146	3,319	6,365	7,251	4,952
20	2012-07-16	09:02:21	09:02:23	20	5	0,202	5,139	8,913	8,494	8,707
21	2012-07-16	09:02:26	09:02:36	21	18	0,202	5,139	8,913	8,494	8,707
22	2012-07-16	09:02:48	09:02:55	22	16	0,200	5,074	8,822	8,450	8,555
23	2012-07-16	09:03:18	09:03:20	23	5	0,120	2,474	5,182	6,674	3,571
24	2012-07-16	09:03:31	09:03:41	24	20	0,120	2,474	5,182	6,674	3,571
25	2012-07-16	09:03:49	09:03:52	25	7	0,120	2,474	5,182	6,674	3,571
26	2012-07-16	09:04:04	09:04:05	26	4	0,132	2,864	5,728	6,940	4,180
27	2012-07-16	09:04:13	09:04:37	27	48	0,132	2,860	5,708	6,931	4,157
28	2012-07-16	09:04:43	09:04:53	28	22	0,140	3,130	6,100	7,122	4,623
29	2012-07-16	09:05:04	09:05:19	29	32	0,156	3,644	6,820	7,473	5,545
30	2012-07-16	09:05:34	09:05:34	30	2	0,156	3,644	6,820	7,473	5,545

Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Zakładka programu „Wyniki”  
Fig. 6. The „Results” tab

Data	Godzina	Wartość [V]	Wilgotność A [%]	Wilgotność B [%]	Wilgotność C [%]	Wilgotność D [%]	Aproksymacja
2012-07-16	09:20:50	0,112	2,214	20,528	3,161	3,192	L.2.2.1
2012-07-16	09:21:05	0,115	2,312	21,689	3,376	3,332	L.2.2.1
2012-07-16	09:21:30	0,117	2,376	14,158	3,515	3,426	L.1.2.1
2012-07-16	09:22:13	0,121	2,506	16,093	3,780	3,620	L.1.2.1
2012-07-16	09:25:39	0,128	2,734	5,546	6,852	3,971	L.L.L.1
2012-07-16	09:25:55	0,208	5,334	9,186	8,628	9,173	L.L.L.1
2012-07-16	09:26:06	0,278	7,609	12,371	10,182	15,509	L.L.L.1
2012-07-16	09:26:31	0,31	8,649	13,827	10,892	18,961	L.L.L.1
2012-07-16	09:26:37	0,31	8,649	13,827	10,892	18,961	L.L.L.1

Źródło: opracowanie własne

Rys. 7. Zakładka „Ręczne przeliczenie”  
Fig. 7. The „Manual calculation” tab

Wyniki można również obliczyć przez ręczne wprowadzanie wartości napięcia w zakładce „Ręczne przeliczanie”, pokazanej na rys. 7. Wartość napięcia wpisuje się w odpowiednie okno, a następnie wybiera polecenie „Przelicz wilgotność”. Wyświetlają się wówczas wartości wilgotności wyrażone w procentach, obliczone w na podstawie wzoru ogólnego i wzorów dla poszczególnych przedziałów. Wprowadzone dane i przeliczenie wyników jest wyświetlane również w polu tekstowym u dołu ekranu, które po zakończeniu badań można zapisać jako plik tekstowy.

Program zawiera również zakładkę „Informacja”, gdzie można znaleźć informacje dotyczące autorów, wersji programu, roku utworzenia oraz informacje na temat przeznaczenia programu.

## Podsumowanie

Zamieszczone powyżej zrzuty ekranowe opracowanego programu pokazały, że procedura testowania wytworzonej aplikacji – na wybranej glebie w warunkach laboratoryjnych – potwierdziła poprawność funkcjonalną programu. Wytworzona aplikacja realizuje zaprojektowane procedury i zadania w sposób właściwy, nie generując błędnych wyników. Nie stwierdzono błędów w trakcie odczytu i gromadzenia wartości z miernika ani w trakcie realizacji obliczeń. Czynności testowe programu były zrealizowane w całości, jak również testowanie sprzętowe było potwierdzone wielokrotnie przez różne osoby na różnym sprzęcie.

W wyniku tego aplikacja została wdrożona do praktycznego użytkowania i zapewnia informatyczną obsługę stanowiska laboratoryjnego pomiarów wilgotności gleby w Instytucie Inżynierii Biosystemów na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu. Wdrożona aplikacja stanowi pierwszy etap informatyzacji badań czujników wilgotności gleby. Jest to etap badań laboratoryjnych. Wytworzona aplikacja posiada strukturę umożliwiającą dalszą jej rozbudowę i współpracę z systemem DGPS, a tym samym pozwoli na realizację drugiego etapu rozbudowy systemu i obsługę informatyczną tej aparatury w warunkach terenowych.

## Bibliografia

- Langman J.** (2010): Moduł pomiarowy do określania charakterystyk  $E = F(\Omega)$  dla silników spalinyowych małych mocy. *Inżynieria Rolnicza*, 7(125), 99-104.
- Łoboda M., Krysztofiak A.** (2005): Oprogramowanie wspomagające proces konstruowania łożyska ślizgowego. *Inżynieria Rolnicza*, 2(62), 93-100.
- Piechnik L.** (2011): Metodyczne i techniczne aspekty laboratoryjnego badania czujnika do dynamicznego pomiaru wilgotności gleby. *Inżynieria Rolnicza*, 9(134), 185-192.
- Price R.R., Gaultney L.D.** (1993): Soil moisture sensor for predicting seed plant depth. *Trans. of the ASAE*, 36(6), 1703-1711.
- Sudduth K.A., Hummel J.W.** (1993): Soil organic matter, CEC, and moisture sensing with a portable NIR spectrophotometer. *Trans. of the ASAE*, 36(6), 1571-1582.
- Shibusawa S., Hirako S., Otomo A., Sakai K., Sasao A., Yamazaki K.** (2000): Real-time soil spectrophotometer for in-situ underground sensing. *J. of the Japan. Soc. of Agri. Mach.*, 62(5), 79-86.



- Szwedziak K.** (2008): Aplikacje komputerowe do oceny wybranych parametrów sensorycznych produktów rolno-spożywczych, *Inżynieria Rolnicza*, 2(100), 293-298.
- Viscarra Rossel R.A., McBratney A., Minasny B.** (2010): Proximal Soil Sensing, *Progress in soil science*. Wyd. Springer Science, ISBN 978-90-481-8858-1.
- Weerasinghe V.P.A.** (2007): Near Infrared Absorption for Soil Water Measurement. Verlag Grauer, ISBN 978-3-86186-532-2.
- Weres J.** (2010): Informatyczny system pozyskiwania danych o geometrii produktów rolniczych na przykładzie ziarniaka kukurydzy. *Inżynieria Rolnicza*, 7(125), 229-236.
- Wojciechowski T., Piechnik L.** (2010): Kalibracja spektrofotometryczna modelu sondy odbiciowej do dynamicznego pomiaru wilgotności gleby. *Inżynieria Rolnicza*, 2(120), 285-292.
- Zagula G., Gorzelany J., Puchalski C.** (2010): Zastosowanie komputerowego systemu wizyjnego do badania wpływu pól magnetycznych i elektromagnetycznych na jakość truskawek. *Inżynieria Rolnicza*, 2(120), 293-300.

## IT SERVICE OF THE LABORATORY STAND FOR MEASURING SOIL HUMIDITY

**Abstract.** The paper presents results of the developed and tested computer program named “*Soil humidity measurement*”. The program is intended to work with a meter with an optoelectronic sensor in a rotary soil canal. It is a part of the laboratory test station, which is used to measure the soil humidity in motion. Such measurement was named the dynamical measurement. An optoelectronic sensor was used for measuring. It works with a reflection method, in near infrared range (NIR). The main task of the tested program is on-line recording of measurements from an electrical current meter and conversion of the raw values into soil humidity values. The program allows to choose the mathematical formula (of approximation), allowing to calibrate the sensor, adjusting it to the examined soil type. It records subsequent measurement series, marks them with regard to time and calculates the mean value. Apart from operating the dynamical measurement, the program allows recording and performing other activities during the static measurements, carried out manually during elaboration of calibration formulas for the sensor with regard to the selected type of soil. The program has positively undergone a stage of functional testing and a stage of cooperation with various computer devices. As an effect, it was implemented for a practical use in the Institute of Agricultural Engineering, at Poznan University of Life Sciences.

**Key words:** computer program, laboratory research, soil humidity, measurement in motion, sensor

Adres do korespondencji:  
Piechnik Leszek; e-mail: piechnik@up.poznan.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 28  
60-637 Poznań