

dr inż. Radosław J. KOZŁOWSKI<sup>1</sup>, dr inż. Gniewko NIEDBAŁA<sup>1</sup>,  
dr Roma DURAK<sup>2</sup>, dr inż. Beata BOROWIAK-SOBKOWIAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Zakład Zoologii Bezkręgowców, Uniwersytet Rzeszowski

<sup>3</sup>Katedra Entomologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

# SYSTEM KOMPUTEROWY WSPOMAGAJĄCY WYZNACZANIE PARAMETRÓW DEMOGRAFICZNYCH I ANALIZĘ POPULACJI OWADÓW

*Streszczenie*

*Celem pracy było opracowanie uniwersalnej metody komputerowego wyznaczenia parametrów demograficznych owadów, zastosowanej w niniejszej pracy do badań populacji mszyc (Aphidoidea) na przykładzie Rhopalosiphoninus latysiphon. Opracowany system komputerowy wykorzystuje złożone algorytmy obliczeniowe do wyznaczenia podstawowych parametrów demograficznych, tj. wrodzonego tempa wzrostu populacji, tempa reprodukcji netto, tempa zwielokrotnienia liczebności populacji, średniego czasu rozwoju pokolenia oraz czasu podwojenia się populacji. Algorytmy te zaimplementowane zostały w postaci jednostranowej aplikacji komputerowej. Zastosowanie nowoczesnych technologii informatycznych pozwoliło na dokładniejsze wyznaczenie ww. parametrów niż metodami stosowanymi dotychczas. W znacznym stopniu uległ też skróceniu czas przeprowadzenia analizy.*

## Wstęp

Mszycy są to owady, które na świecie liczą prawie 5000 gatunków, a w Polsce ponad 700. Grupa ta opanowała głównie strefę umiarkowaną półkuli północnej, zdecydowanie mniej licznie mogą występować także w tropiku, subtropiku oraz w strefie klimatu umiarkowanego półkuli południowej [2]. Owady te uważane są za groźne szkodniki roślin uprawnych, zarówno na polach, w sadach, jak i w szklarniach. Wiele gatunków wysysając soki doprowadza do zachwiania gospodarki wodnej w roślinach, deformuje pędy i liście, tworzy galasy, przyczyniając się do obniżenia plonów [4]. Odgrywają one także istotną rolę w przenoszeniu chorób wirusowych roślin. Charakteryzują się wysokim potencjałem biotycznym i w szybkim tempie zwiększają swoją liczebność, rozprzestrzeniają się i kolonizują wiele roślin.

## Cel pracy

Celem badań było opracowanie uniwersalnej metody komputerowego wyznaczenia parametrów demograficznych owadów. Metoda ta opiera się na złożonych algorytmach obliczeniowych pozwalających na bardzo dokładne oraz stosunkowo szybkie wyznaczenie wybranych parametrów. Zaproponowane algorytmy obliczeniowe pozwalają na wyznaczenie: wrodzonego tempa wzrostu populacji, tempa reprodukcji netto, tempa zwielokrotnienia liczebności populacji, średniego czasu rozwoju pokolenia oraz czasu podwojenia się populacji. Algorytmy te zaimplementowane zostały w postaci jednostranowej aplikacji komputerowej pozwalającej na gromadzenie, przechowywanie i analizę danych bionomicznych.

W prowadzonych badaniach doświadczalnych zaproponowaną metodę komputerową zastosowano do wyznaczenia parametrów demograficznych w celu określenia wpływu temperatury na tempo wzrostu populacji mszyc (Aphidoidea) z gatunku *Rhopalosiphoninus latysiphon* [5].

## Metodyka

Badania laboratoryjne prowadzono w komorze klimatyzacyjnej w stałych warunkach wilgotnościowych (70% wilgotności względnej powietrza), w stałej temperaturze 20°C i 17°C oraz przy 12 godzinnej fotofazie. W celu określenia parametrów demograficznych badano rozwój 100 larw, określając śmiertelność larw i osobników dorosłych, całkowitą długość życia oraz płodność. Hodowlę prowadzono na kiełkach bulw ziemniaczanych.

Proces opracowania metody komputerowej, zastosowanej do analizy zebranych w ramach doświadczeń laboratoryjnych danych, przeprowadzono zgodnie z wymaganiami inżynierii oprogramowania - dziedziny wiedzy opisującej zasady właściwego projektowania oraz implementacji aplikacji komputerowych [6]. Inżynieria oprogramowania dzieli ten proces na kilka mniejszych etapów, które składają się na tzw. cykl życia oprogramowania. W ramach tych etapów przeprowadzono szczegółową analizę wymagań oraz opracowano dokumentację projektową dotyczącą budowy algorytmów oraz aplikacji z nich korzystającej. Do wizualizacji aspektu statycznego oraz dynamicznego implementowanej aplikacji wykorzystano zunifikowany język modelowania UML (*Unified Modelling Language*). We wstępnych etapach prac po analizie wymagań opracowano schematy blokowe algorytmów, które później przetworzono do postaci diagramów czynności w standardzie UML. Strukturę aplikacji opracowano z wykorzystaniem diagramów klas (*class diagram*) natomiast aspekt funkcjonalny został zapisany w postaci diagramów przypadków użycia (*use case diagram*). Diagramy te, stanowiące część dokumentacji projektowej, pozwoliły na uporządkowanie prac związanych z implementacją (kodowaniem) opracowanych algorytmów oraz budową aplikacji komputerowej.

Opracowana metoda komputerowa wykorzystuje znane z literatury modele matematyczne dotyczące wyznaczenia najistotniejszych parametrów demograficznych. Parametry te wyznaczane są na podstawie zebranych danych bionomicznych

zawierających informację o wieku osobników w dniach (x), liczby osobników żywych w danym dniu przedstawioną jako część jedności ( $l_x$ ) oraz liczby larw w potomstwie jednej samicy w danym dniu ( $m_x$ ). Opracowane algorytmy oparte są na równaniach pozwalających na wyznaczenie [1, 3]:

a) wrodzonego tempa wzrostu populacji  $r_m$  (*intrinsic rate of increase*):

$$\sum e^{-r_m \cdot x} \cdot l_x \cdot m_x = 1,$$

b) tempa reprodukcji netto -  $R_0$  (*net reproductive value*):

$$R_0 = \sum (l_x \cdot m_x),$$

c) tempa zwielokrotnienia liczebności populacji -  $\lambda$  (*finite rate of increase*):

$$\lambda = e^{r_m},$$

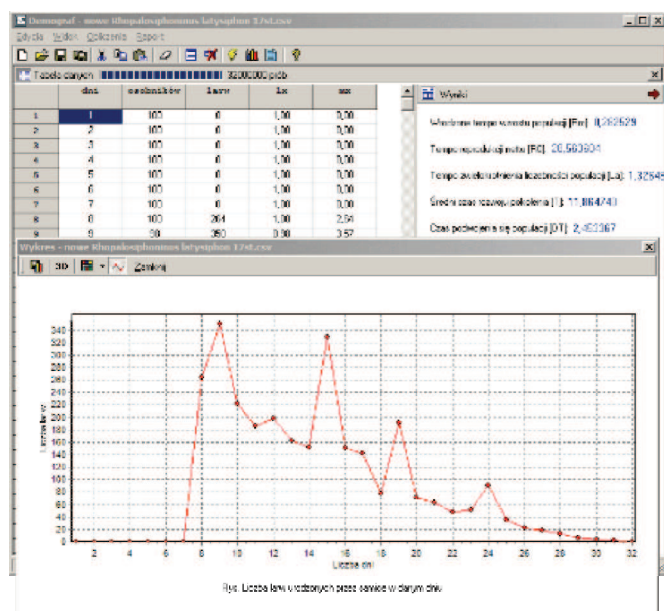
d) średniego czasu rozwoju pokolenia - T (*mean generation time*):

$$T = \frac{l_n \cdot R_0}{r_m},$$

e) czasu podwojenia się populacji - DT (*population doubling time*):

$$DT = \frac{l_n \cdot 2}{r_m}.$$

Opracowane na bazie tych modeli schematy blokowe algorytmów posłużyły jako wzorzec do implementacji modułów obliczeniowych w budowanym systemie obliczeniowym. Aplikację o nazwie „Demograf” wytworzono w środowisku obiektowym z podziałem na niezależnie współpracujące ze sobą moduły, tym samym oddzielając warstwę prezentacji (interfejsu) od warstwy funkcjonalnej (rys. 1).



Rys. 1. Aplikacja „Demograf” wspomagająca wyznaczenie parametrów demograficznych owadów  
Fig. 1. An application „Demograf” supporting determination of insects demographic parameters

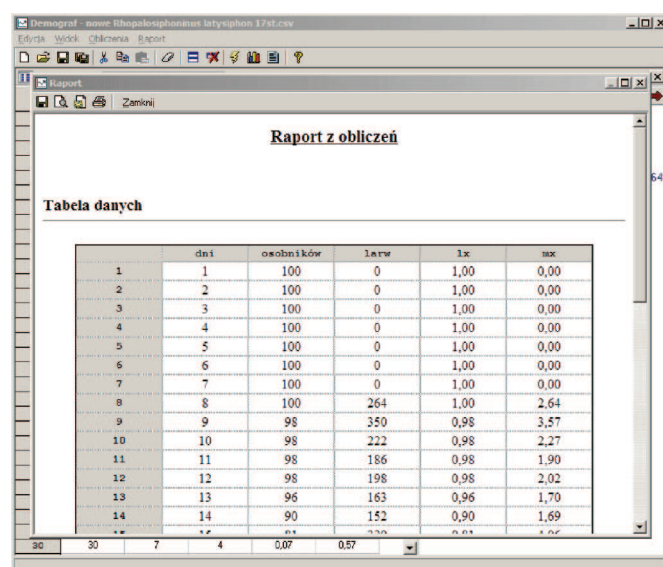
Taki podział zapewnił lepszą kontrolę przepływu informacji pomiędzy poszczególnymi modułami, co w konsekwencji umożliwiło uzyskanie optymalnej prędkości działania algo-

rytmów obliczeniowych. Dodatkowo do aplikacji wprowadzono moduł generowania wykresów na podstawie wprowadzonych danych. Zaimplementowano także możliwość pobierania danych z pakietu Microsoft Excel, który wykorzystywany był dotychczas do podobnych analiz.

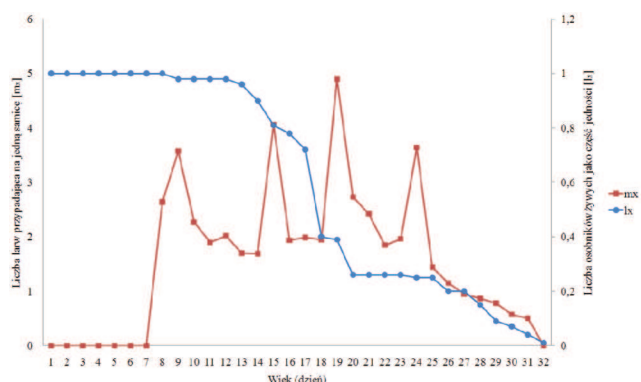
## Wyniki

*Rhopalosiphoninus latysiphon* - mszyca piwniczna, jest gatunkiem polifagicznym. Występuje zazwyczaj w kopcach, przechowalniach i piwnicach, na oczkach i kielkach bulw ziemniaczanych, a także cebulach tulipanów. Rozmnaża się dzieworodnie, a całkowity okres rozwoju, jak i liczba pokoleń, zależne są od temperatury i wilgotności.

W wyniku badań populacji mszyc zebrano dane bionomiczne dotyczące liczby osobników żywych w danym dniu badania oraz liczby w potomstwie przypadającą na jedną dojrzałą samicę. Dane te wprowadzono do wytworzonej aplikacji komputerowej i poddano analizie pozwalającej na wyznaczenie szukanych parametrów demograficznych. Wygenerowane w wyniku analizy raporty pozwoliły na określenie wpływu temperatury na tempo wzrostu badanej populacji mszyc (rys. 2).



Rys. 2. Raport wygenerowany w aplikacji „Demograf”  
Fig. 2. Report generated in the application „Demograf”

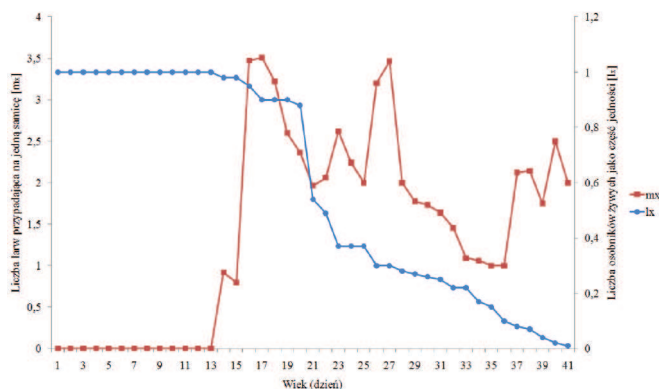


Rys. 3. Dane bionomiczne dla samic *Rhopalosiphoninus latysiphon* hodowanych w temperaturze 17°C  
Fig. 3. Bionomics data of *Rhopalosiphoninus latysiphon* females raised in a temperature of 17°C

Z wyznaczonych parametrów demograficznych populacji dla samic *Rhopalosiphoninus latysiphon* hodowanych w temperaturze 17°C (rys. 3) wynika, że w czasie jednego dnia

populacja tej mszycy powiększała się 1,32 razy ( $\lambda$ ), a w czasie rozwoju pokolenia ( $T = 11,86$  dni) 28,56 razy ( $R_0$ ). Wrodzone tempo wzrostu populacji ( $r_m$ ) było równe 0,282 ♀/♀/dzień. Najwyższą płodność obserwowano 19 dnia (4,9 larwy/samicę).

Dla badań przeprowadzonych w temperaturze 20°C (rys. 4), podczas jednego dnia populacja tej mszycy powiększała się 1,18 razy ( $\lambda$ ). Natomiast w czasie rozwoju pokolenia ( $T = 19,21$  dni) 25,41 razy ( $R_0$ ). Wrodzone tempo wzrostu populacji ( $r_m$ ) było równe 0,168 ♀/♀/dzień. Najwyższą płodność obserwowano 17 dnia (3,5 larwy/samicę).



Rys. 4. Dane bionomiczne dla samic *Rhopalosiphoninus latysiphon* hodowanych w temperaturze 20°C

Fig. 4. Bionomics data of *Rhopalosiphoninus latysiphon* females raised in a temperature of 20°C

## Podsumowanie i wnioski

1. Populacja *Rhopalosiphoninus latysiphon* szybciej zwiększa swoją liczebność w czasie rozwoju pokolenia w temperaturze 17°C niż w temperaturze 20°C.
2. Zastosowanie autorskiej metody komputerowej pozwoliło na dokładniejsze wyznaczenie parametrów demograficznych badanej populacji mszyc niż metody stosowane dotychczas. W znacznym stopniu uległ skróceniu czas przeprowadzenia analiz.
3. Opracowany w ramach niniejszej pracy system komputerowego wyznaczania parametrów demograficznych w postaci jednostanowiskowej aplikacji komputerowej charakteryzuje się dużą uniwersalnością jego zastosowań. Może on służyć analizie populacji różnych gatunków owadów.

## Literatura

- [1] Birch L.C.: The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology*, 1948, 17, s. 15-26.
- [2] Bogdanowicz W., Chudzicka E., Filipiuk I., Skibińska E.: Fauna Polski - charakterystyka i wykaz gatunków. Tom I. Wydawnictwo Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, 2004.
- [3] Carey J.R.: Applied demography for biologist with special emphasis on insects. U.K. Oxford University Press, 1993.
- [4] Cichocka E.: Mszyce roślin sadowniczych Polski. PWN, Warszawa, 1980.
- [5] Davidson, 1912.
- [6] Stevens P.: UML. Inżynieria oprogramowania. Wydanie II. Helion, Gliwice, 2007.

## COMPUTER-AIDED SYSTEM SUPPORTING THE DETERMINATION OF DEMOGRAPHIC PARAMETERS FOR INSECTS POPULATION ANALYSIS

### Summary

The aim of the work was to develop universal computer-aided method for estimation of demographic parameters for any insect population. This method was applied in this work to study a population of aphids (*Aphidoidea*): *Rhopalosiphoninus latysiphon*. The developed computer system uses a complex computational algorithms to set the basic demographic parameters such as: intrinsic rate of increase, net reproductive value, finite rate of increase, mean generation time, population doubling time. These algorithms have been implemented as a single user computer applications. The use of modern computer technologies allowed for more accurate determination of the parameters than methods applied so far. The time of analysis was also shortened.