

RAFAŁ PODLASKI

Statystyczna małopowierzchniowa metoda oceny zdrowotności drzew. Część I. Opis metody

Statistical small-scale survey method for evaluation of tree health.
Part I. Method description

ABSTRACT

The article provides assumptions for a small-scale statistical method for tree health assessment. A survey was used to detect the degree of defoliation by applying an simple random sampling design on P_3 plots of the SINUS system. The proposed small-scale method can be a valuable supplementary method to the existing large-scale methods used for the assessment of tree health condition in Poland.

KEY WORDS

small-scale survey, SINUS System, defoliation, survey sampling

Wstęp

W Polsce istnieje kilka systemów okresowych inwentaryzacji wielkopowierzchniowych, których głównym celem jest ocena zasobności i przyrostu drzewostanów oraz ewentualnie monitorowanie ich zdrowotności [np. Sokołowski 1999; Czuba 2000; Borecki i in. 2001; Bruchwald 2001; Maciantowicz 2001]. Znaczenie inwentaryzacji zdrowotności lasu, zwłaszcza inwentaryzacji małopowierzchniowych, jest coraz większe, ponieważ w ostatnich latach wprowadza się nowe, ekologiczne metody gospodarowania i ochrony. W lasach gospodarczych wprowadzany jest naturalny i półnaturalny kierunek gospodarowania, a w parkach narodowych dąży się do zmiany statusu ochronnego obszarów chronionych z typowej ochrony częściowej na zachowawczą, co wiąże się m.in. z zaniechaniem wszelkich zabiegów i pozostawieniem martwego drewna w lesie [Bernadzki 1994; Jaworski 2003; Holeksa i in. 2003]. Wprowadzanie nowych metod wymaga okresowej inwentaryzacji małopowierzchniowej zdrowotności drzew w celu stwierdzenia ewentualnego wpływu wprowadzonych metod na kondycję ekosystemów leśnych. Dokładna inwentaryzacja małopowierzchniowa zdrowotności drzew jest konieczna przede wszystkim w labilnych drzewostanach, w których np. występowało zjawisko zamierania i regresji, szczególnie w sytuacji, gdy lasy mają pełnić w coraz większym zakresie funkcje społeczne i ochronne [Bernadzki 1994, 1997a, b].

Celem pracy jest przedstawienie małopowierzchniowej metody szacowania zdrowotności drzew oraz przedyskutowanie wybranego schematu losowania próby.

RAFAŁ PODLASKI

Pracownia Naukowo-Badawcza
Świętokrzyski Park Narodowy
ul. Suchedniowska 4
26-010 Bodzentyn
r_podlaski@pro.onet.pl

Charakterystyka metody

ZAŁOŻENIA WSTĘPNE. Do oceny stopnia uszkodzenia drzew zastosowano powszechnie

znaną, czterostopniową klasyfikację ubytku aparatu asymilacyjnego (drzewa bez uszkodzeń, słabo, średnio i silnie uszkodzone) [Borecki, Keczyński 1992]. Stopień uszkodzenia drzew przedstawiono w jednostkach podziału powierzchniowego Systemu Informacji o Ukształtowaniu Środowiska Przyrodniczego SINUS [Ciołkosz 1991]. Do oszacowania zdrowotności drzew wykorzystano metodę reprezentacyjną, która umożliwia m.in. obliczenie przedziałów ufności dla frakcji badanej cechy na podstawie próby pobranej ze skończonej populacji [Steczkowski 1995]. Metoda reprezentacyjna jest coraz częściej wykorzystywana w leśnictwie (przede wszystkim w urządzaniu lasu) [np. Borecki 1995; Bruchwald 1999, 2000a, b, 2001; Bruchwald, Zajączkowski 2002; Bruchwald i in. 2003].

ZBIOROWOŚĆ GENERALNA, JEDNOSTKA STATYSTYCZNA, CECHA, SCHEMAT LOSOWANIA PRÓBY. Zbiorowość generalną stanowi populacja drzew danego gatunku. Jednostką statystyczną jest drzewo należące do wyróżnionej zbiorowości generalnej. Cechą podlegającą oszacowaniu jest stopień uszkodzenia, określane na podstawie stopnia ubytku aparatu asymilacyjnego drzew.

Do wyboru drzew próbnych zastosowano schemat losowania nieograniczonego indywidualnego w polach P_3 Systemu SINUS [Podlaski 2003]. Siatka Systemu SINUS została opracowana dla obszaru całej Polski, pod kątem gromadzenia i porządkowania wszystkich informacji, mających związek z najszerzej rozumianym środowiskiem przyrodniczym [Ciołkosz 1991]. Składa się z bloków P_0 oraz znajdujących się w nich pól P_1 - P_7 , o coraz mniejszych wymiarach (np. pola P_3 mają powierzchnię ok. 25 ha) [Ciołkosz 1991].

ESTYMACJA FRAKCJI. W losowaniu indywidualnym, nieograniczonym ze zwracaniem i bez zwracania nieobciążonym estymatorem frakcji w zbiorowości generalnej jest frakcja z próby [Steczkowski 1995]. Do oszacowania przedziału ufności dla frakcji drzew w danym stopniu uszkodzenia w polu (lub polach) P_3 , pokrywających badaną populację, zaproponowano schemat z wykorzystaniem rozkładu dwumianowego (losowanie ze zwracaniem) [Steczkowski 1995; Zieliński, Zieliński 1990]:

$$H_l = \frac{m}{m + (n - m + 1)F(\frac{1}{2}\alpha; \nu_{l1}; \nu_{l2})},$$

$$H_u = \frac{(m + 1)F(\frac{1}{2}\alpha; \nu_{u1}; \nu_{u2})}{n - m + (m + 1)F(\frac{1}{2}\alpha; \nu_{u1}; \nu_{u2})},$$

gdzie:

H_l – dolny kres przedziału ufności,

H_u – górny kres przedziału ufności,

α – poziom istotności,

n – liczba wszystkich drzew w próbie,

m – liczba drzew w danym stopniu uszkodzenia w próbie,

$\nu_{l1} = 2(n - m + 1)$,

$\nu_{l2} = 2m$,

$\nu_{u1} = 2(m + 1)$,

$\nu_{u2} = 2(n - m)$.

Liczebność próby, niezbędną do oszacowania frakcji zbiorowości generalnej z maksymalnym, dopuszczalnym błędem szacunku, można określić na podstawie poniższej zależności [Bracha 1996]:

60 Rafał Podlaski

$$n = u_{1-\alpha/2}^2 \frac{P(1-P)}{d^2},$$

gdzie:

$\Phi(u_{1-\alpha/2}) = 1 - \alpha / 2$, np. dla α równego 0,05 $u_{1-\alpha/2}$ wynosi 1,96,

Φ – rozkład normalny $N(0, 1)$,

P – spodziewany rząd wielkości szacowanej frakcji drzew w danym stopniu uszkodzenia,

d – maksymalny, dopuszczalny błąd szacunku (wyrażony jako ułamek właściwy, np. 0,05).

Jeżeli nie znamy wielkości P , należy przyjąć, że: $PQ = \max = 0,25$.

Błędy oszacowania można obliczyć na podstawie następujących wzorów [Steczkowski 1995; Bracha 1996]:

– standardowy błąd oceny:

$$\hat{d}_N = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}},$$

– maksymalny błąd całkowity (dla danego α):

$$\hat{d}_B = \max\{p - H_l, H_u - p\},$$

gdzie:

p – frakcja drzew z próby w danym stopniu uszkodzenia.

Dyskusja

Podczas wyboru schematu losowania w badaniach przestrzennych powinniśmy uwzględnić [Greń 1984]:

- wpływ określonego schematu losowania na wartość, a przede wszystkim efektywność estymatorów stosowanych do szacowania parametrów,
- ewentualną potrzebę zwiększenia dokładności szacowania parametrów w wybranych fragmentach analizowanego obszaru, co wiąże się ze zmianą liczby prób w tych fragmentach,
- aspekty praktyczne realizowanych prac.

W badaniach przestrzennych najczęściej wykorzystywane są następujące schematy losowania próby:

- losowanie nieograniczone indywidualne ze zwracaniem i bez zwracania,
- losowanie ograniczone systematyczne,
- losowanie ograniczone zespołowe.

W leśnictwie są stosowane przede wszystkim dwa ostatnie schematy, często łączone ze sobą w jeden system (losowanie ograniczone, systematyczne zespołowe) polegający na założeniu w węzłach siatki (losowanie systematyczne) powierzchni badawczych (losowanie zespołowe) [Klein 1996; Bruchwald 1999]. Główną przyczyną częstego stosowania tego schematu losowania są jego istotne zalety praktyczne, a mianowicie łatwość zrozumienia idei siatki, w węzłach której znajdują się powierzchnie badawcze oraz prostota wytyczenia siatki i odnajdywania powierzchni w terenie. Podstawową wadą tego schematu jest to, że własności estymatorów zależą od sposobu uporządkowania jednostek w populacji [Iachan 1982].

Do oceny przestrzennego rozkładu stopnia uszkodzenia drzew zastosowano schemat losowania nieograniczonego indywidualnego, ponieważ jego wykorzystanie jest optymalnym rozwiązaniem w przypadku, gdy [Cochran 1977]:

- nie mamy pewności, co do występowania jakiegoś uporządkowania przestrzennego w zbiorowości generalnej,
- nie wykluczamy możliwości zmiany liczby prób podczas wykonywania badań w przyszłości,
- zbiorowość generalna jest niezbyt duża.

Próby pobrane podczas szacowania stopnia uszkodzenia drzew są często używane do dalszego wnioskowania statystycznego. W przypadku złożonych schematów losowania (np. losowania ograniczonego grupowego, systematycznego czy warstwowego) otrzymuje się na ogół próby nieproste. Charakteryzują się one tym, że obserwacje są stochastycznie zależne i mają różne rozkłady. Dalsze wnioskowanie statystyczne na podstawie prób nieprostych jest znacznie bardziej skomplikowane i wymaga stosowania zmodyfikowanych metod statystycznych. Stosowanie testów bez modyfikacji powoduje zwiększenie faktycznych rozmiarów testu, np. użycie klasycznej statystyki testowej do próby losowanej dwustopniowo zwiększało rozmiar testu nawet do 0,80, przy zadanym $\alpha=0,05$ [Holt i in. 1980; Rao, Scott 1981; Bracha 1996].

Losowanie nieograniczone indywidualne stosowane jest w wersji ze zwracaniem i bez zwracania, jednak w przypadku, gdy liczebność próby jest mniejsza niż 5% liczebności zbiorowości generalnej, oba wymienione schematy dają taką samą efektywność oszacowania i w związku z tym praktycznie mogą być utożsamiane ze sobą [Steczkowski 1995; Józwiak, Podgórski 1997]. W przypadku próby liczącej 40 drzew w polu P₃ Systemu SINUS liczebność próby stanowi na ogół mniej niż 0,1% liczebności zbiorowości generalnej, a prawdopodobieństwo wystąpienia dwa razy tego samego elementu w próbie wynosi mniej niż $4,83 \times 10^{-7}$. W tej sytuacji nawet zastosowanie schematu losowania nieograniczonego indywidualnego bez zwracania, powoduje prawie zawsze otrzymanie prostej próby losowej w sensie jej mocniejszej definicji (rozumianej jako ciąg niezależnych zmiennych losowych, takich, że każda z nich ma ten sam rozkład) [Koronacki, Mielniczuk 2001]. Oczywiście zastosowanie planu losowania nieograniczonego, indywidualnego bez zwracania powoduje w każdym przypadku utworzenie prostej próby losowej, w sensie jej słabszej definicji (wszystkie próby o ustalonej liczebności mają takie samo prawdopodobieństwo wyboru) [Koronacki, Mielniczuk 2001].

Proponowana metoda jest pracochłonna i dlatego podczas wyboru drzew próbnych wskazane jest wykorzystanie technik GPS i GIS.

Wnioski

- ✦ Przedstawiona metoda jest metodą małopowierzchniową, która wykorzystuje pola siatki wielkoobszarowego Systemu Systemu Informacji o Ukształtowaniu Środowiska Przyrodniczego SINUS. Umożliwia to gromadzenie zebranych informacji małopowierzchniowych we wspólnej bazie danych, a przede wszystkim pozwala na łączne wykorzystanie informacji o środowisku przyrodniczym, uzyskanych z różnych źródeł.
- ✦ Do oszacowania przestrzennego rozkładu stopnia uszkodzenia drzew wykorzystano metodę reprezentacyjną, zastosowano schemat losowania indywidualnego, nieograniczonego.
- ✦ Proponowana metoda umożliwia w prosty sposób zwiększenie dokładności oceny stopnia uszkodzenia w wybranych fragmentach analizowanego obszaru, przez dolosowanie (losowania indywidualne, nieograniczone) odpowiedniej liczby drzew.
- ✦ Próby pobrane podczas losowania są próbami prostymi i dlatego mogą być wykorzystane do dalszego wnioskowania statystycznego klasycznymi metodami statystycznymi.
- ✦ Przedstawiony sposób szacowania kondycji drzew należy do grupy metod małopowierzchniowych i może być cennym uzupełnieniem istniejących metod wielkopowierzchniowych oceny zdrowotności drzew w Polsce.

Literatura

- Bernadzki E. 1994. Półnaturalna hodowla lasu jest nadal aktualna. *Las Pol.* 4: 7-10.
- Bernadzki E. 1997a. Cele hodowli lasu wczoraj i dziś. *Sylvan* 4: 23-31.
- Bernadzki E. 1997b. Waldbau in Polen. *AFZ Wald* 8: 418-421.
- Borecki T. 1995. Metody inwentaryzacji lasu dla celów planowania krótko- i średniookresowego oparte na grupowaniu drzewostanów. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa.
- Borecki T., Keczziński A. 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Agencja ATUT, Warszawa.
- Borecki T., Stępień E., Nowakowska J., Wójcik R. 2001. Koncepcja inwentaryzacji lasu i jej wykorzystania w planowaniu. *Rocz. AR Pozn., Leś.* 39: 39-47.
- Bracha C. 1996. Teoretyczne podstawy metody reprezentacyjnej. PWN, Warszawa.
- Bruchwald A. 1999. Dendrometria. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Bruchwald A. 2000a. Wielkopowierzchniowa metoda określania miąższości obiektu leśnego oparta na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 3: 5-17.
- Bruchwald A. 2000b. Weryfikacja wielkopowierzchniowej metody określania miąższości obiektu leśnego opartej na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 6: 5-14.
- Bruchwald A. 2001. Möglichkeiten der Anwendung von Wachstumsmodellen in der Praxis der Forsteinrichtung. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landschaftsökol* 3: 118-122.
- Bruchwald A., Zajęzkowski S. 2002. Obrębowa metoda inwentaryzacji lasu oparta na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 10: 13-23.
- Bruchwald A., Wójcik R., Zajęzkowski S. 2003. Analiza dokładności obrębowej metody inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 5: 13-20.
- Ciołkosz A. 1991. SINUS – System informacji o środowisku przyrodniczym. W: S. Mazur [red.]. *Ekologiczne podstawy gospodarowania środowiskiem przyrodniczym. Wizje – problemy – trudności.* Wydawnictwo SGGW, Warszawa. 317-328.
- Cochran W. G. 1977. *Sampling techniques.* Wiley, New York.
- Czuba M. 2000. Metody i techniki wykonywania okresowych inwentaryzacji stanu lasu oraz jego monitorowania w systemie informacji przestrzennej o lasach. *Post. Tech. Leś.* 73: 7-18.
- Greń J. 1984. *Statystyka matematyczna. Modele i zadania.* PWN, Warszawa.
- Holeksa J., Greinert J., Krzan Z., Olszowska B., Skawiński P., Wika S. 2003. Przemiany dolnoregłowych drzewostanów świerkowych poddanych ochronie częściowej w Tatrzańskim Parku Narodowym. *Sylvan* 10: 37-46.
- Holt D., Scott A. J., Evings P. D. 1980. Chi-squared tests with survey data. *J. Roy. Statist. Soc. Ser. A* 143.3: 303-320.
- Iachan R. 1982. Systematic sampling: a critical review. *Internat. Statist. Rev.* 50: 293-303.
- Jaworski A. 2003. Główne zadania hodowli lasu w terenach górskich i zasady ich realizacji. *Sylvan* 2: 3-19.
- Józwiak J., Podgórski J. 1997. *Statystyka od podstaw.* PWE, Warszawa.
- Klein Ch. 1996. Ein Vergleich der Effizienz von verschiedenen Clusterformen in forstlichen Grossrauminventuren. *Forstwiss. Centralbl.* 115: 378-390.
- Koronański J., Mielniczuk J. 2001. *Statystyka.* Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Maciantowicz M. 2001. Zastosowanie stałych powierzchni badawczych do holistycznej oceny ekosystemów leśnych w rezerwach przyrody i parkach narodowych. *Rocz. AR Pozn., Leś.* 39: 149-154.
- Podlaski R. 2003. A statistical small-area method of estimation of spatial distribution of the tree damage degree. *J. For. Sci.* 49: 384-392.
- Rao J. N. K., Scott A. J. 1981. The analysis of categorical data from complex sample surveys: chi-square tests for goodness of fit and independence in two-way tables. *J. Amer. Statist. Assoc.* 76: 221-230.
- Sokołowski A. W. 1999. Charakterystyka oraz inwentaryzacja lasów o charakterze naturalnym na terenie Puszczy Białowieskiej. *Pr. IBL, Ser. B.* 36: 27-35.
- Steczowski J. 1995. *Metoda reprezentacyjna w badaniach zjawisk ekonomiczno-społecznych.* PWN, Warszawa-Kraków.
- Zieliński R., Zieliński W. 1990. *Tablice statystyczne.* PWN, Warszawa.

SUMMARY

Statistical small-scale survey method for evaluation of tree health. Part I. Method description

The increasing importance of forest health inventory, particularly a small-scale inventory stems from the introduction of new, ecology-based management and protection methods into small fragments of managed forests or into partially protected landscapes in national parks. The aim

of this paper is to describe a small-scale statistical method, to assess the health condition of trees and to discuss the survey sampling design selected for this purpose.

A four-scale classification was used to assess the degree of crown defoliation (non-defoliated trees, trees with weak, moderate and severe defoliation). The level of defoliation was expressed in the SINUS (System of Information on Natural Environment) surface sub-blocks. A survey sampling was used to assess the degree of tree defoliation by applying a simple random sampling design on P_3 plots of the SINUS system. The relationship between the binomial distribution and Snedecor's F distribution was used to calculate the confidence interval limits for tree fraction in a given defoliation class.

The use of simple random sampling design in the method proposed in this paper would be the optimal solution when there is small likelihood of occurrence of spatial ordering in the general population, the change in the sampling number during future studies cannot be precluded and the general population size is small.