



Doctoral Thesis

A unified approach to sampling theory for forest inventory based on infinite population and superpopulation models

Author(s):

Mandallaz, Daniel

Publication Date:

1991

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000585900> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 9378

**A UNIFIED APPROACH TO SAMPLING THEORY
FOR FOREST INVENTORY BASED ON INFINITE
POPULATION AND SUPERPOPULATION MODELS**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Zürich
for the degree of Doctor of Technical Sciences

presented by

DANIEL MANDALLAZ

Dipl.Math. ETHZ, Master of Science,
born February 7, 1951
Citizen of Plan-les-Ouates (Canton Geneva)

accepted on the recommendation of

Prof. R. Schlaepfer, examiner
Prof. Dr. D.R. Pelz, co-examiner
Prof. Dr. P. Bachmann, co-examiner

Summary

This thesis develops systematically a formalism for Forest Sampling within an infinite population and superpopulation framework.

The summations over finite populations or subpopulations of trees are replaced by the integration of functions over domains of the plane.

It provides a synthetic treatment for design-based, model-based and model-dependent inference, with special attention paid to the incorporation of auxiliary information provided by Geographical Information System or Remote Sensing in the context of double sampling schemes.

The problem of boundary effects at the forest edge is treated in the context of simple and double sampling with random cluster size. The solutions derived in the design-based and model-based approaches are simpler and more general than the classical results resting upon analysis of variance. A new model-based estimate of variance is proposed which is more efficient, under the model, than the design-based variance estimate.

The asymptotic properties of estimates like consistency and efficiency are thoroughly discussed. Solutions are derived for the optimization of double sampling schemes with arbitrary 2nd stage inclusion probabilities and linear cost functions.

The local estimation of small areas is also considered, as well as some specific numerical aspects of linear models. A detailed case study summarizes, illustrates and compares the various estimations procedures and gives a first validation of the local estimation techniques.

It is argued that the various estimation procedures will tend to yield comparable results at the global level, while they may differ, even considerably, at the local level, particularly with respect to error estimation.

Résumé

Une théorie synthétique de l'échantillonnage pour l'inventaire forestier fondée sur les modèles de populations et superpopulations infinies.

Cette thèse développe un nouveau formalisme adapté aux problèmes d'échantillonnage propres aux inventaires forestiers. Il repose sur l'emploi de modèles de population et superpopulation infinies.

Les sommes discrètes sur des populations d'arbres sont remplacées par l'intégration de fonctions définies sur des domaines du plan.

Ce formalisme donne une vue synthétique des problèmes d'inférence, que ce soit dans le cadre du sondage pur (design-based), de la modélisation pure (model-dependent) ou dans le cadre mixte de sondage avec modélisation (model-based).

L'utilisation d'information auxiliaire reçoit, au vu de l'importance des systèmes d'information géographique et de la télédétection, une importance particulière.

Les effets de bordure sont traités dans le cadre de l'échantillonnage simple ou double avec une structure en satellite de taille aléatoire. Les solutions présentées sont plus simples et plus générales que les résultats classiques basés sur l'analyse de variance. Dans le cadre mixte, il est possible de construire un estimateur de la variance plus efficace, sous le modèle, que l'estimateur obtenu dans le cadre du sondage pur.

Les propriétés asymptotiques des estimateurs sont étudiées. L'optimisation des sondages doubles à coûts et probabilités d'inclusion variables est traitée en détail.

On considère également l'estimation des petits domaines et certains aspects numériques des estimateurs par régression.

Une étude de cas résume, illustre et compare plusieurs estimateurs et donne une première validation des techniques d'estimation pour petits domaines.

On montre que les différentes techniques donnent sensiblement les mêmes résultats quant à l'estimation globale, mais qu'elles peuvent différer sensiblement quant à l'estimation locale, surtout en ce qui concerne le calcul d'erreur.

Zusammenfassung

Ein einheitlicher Ansatz zur Stichprobentheorie für die Forstinventur aufgrund von unendlichen Populations- und Superpopulationsmodellen.

In dieser Arbeit wird ein statistischer Formalismus für die Forstinventur entwickelt, der auf unendlichen Populations- und Superpopulationsmodellen beruht. Die Summierung über endliche Baumgrundgesamtheiten wird durch die Integration von Funktionen über Gebiete der Ebene ersetzt.

Dieser Formalismus ermöglicht eine einheitliche Behandlung der statistischen Inferenz im Rahmen der gegenwärtig drei Hauptströmungen, nämlich:

des rein stichprobentheoretischen Ansatzes (design-based), des rein modell-abhängigen Ansatzes (model-dependent) und des gemischten "Modell/Stichprobenplan"-Ansatzes (model-based).

Die theoretischen Aspekte der Verwendung von Hilfsinformation (die aus geographischen Informationssystemen oder durch den Einsatz der Fernerkundung gewonnen wird), sowie die asymptotischen Eigenschaften der dazu erforderlichen Regressions-schätzungen werden speziell untersucht.

Das Problem des Randeffekts am Waldrand wird im Rahmen von einfachen und zweiphasigen Traktinventuren mit zufälliger Traktgröße eingehend untersucht. Es werden neue stichprobentheoretische und modellabhängige Lösungen ausgearbeitet, welche zugleich einfacher und allgemeiner als die klassischen varianzanalytischen Ansätze sind. Zudem wird eine modellabhängige Varianzschätzung hergeleitet, die, unter dem Modell, effizienter als die stichprobentheoretische Varianzschätzung ist.

Optimale Pläne für zweiphasige Inventuren mit variablen Kosten und Aufnahmewahrscheinlichkeiten werden angegeben.

Im weiteren wird auf die Schätzproblematik für kleine Gebiete sowie auf spezifische numerische Aspekte der linearen Schätzungen eingegangen.

Anhand einer Fallstudie werden die für die Praxis wichtigsten Resultate zusammengefasst, die drei Inferenzansätze verglichen und eine erste Validierung der Schätzverfahren für kleine Gebiete durchgeführt.

Es erweist sich, dass die drei Inferenzphilosophien für globale Schätzprobleme tendentiell übereinstimmen, dass aber für lokale Schätzprobleme potentiell grosse Abweichungen auftreten können, insbesondere in bezug auf den Schätzfehler.