

Schätzung von Prozessparametern in Waldökosystemen

K. Gerald van den Boogaart, Katja Rösch, Martin Sauke, Institut für Stochastik

Prozessstatistik / B-Splines / Forstökologie

Forstökosysteme sind komplexe, nichtdeterministische Systeme. So ergibt sich ihre Entwicklung zwar aus dem Schicksal ihrer Einzelbäume, dieses ist allerdings aufgrund der Fülle von Interaktionen innerhalb des Waldes als zufällig zu verstehen.

Die Forstökologie studiert das Verhalten von Waldsystemen unter anderem mittels computergestützter, individuenbasierter Waldmodelle. Diese sind aufgebaut aus Funktionen mit unbekanntem Parametern, die das Verhalten der einzelnen Baumarten in Abhängigkeit von ihrer Umgebung beschreiben. Die Anpassung derartiger Waldmodelle und damit auch der Parameter an reale Wälder erfolgt bisher in der Regel in einer Art Try and Error Prozess, bei dem verschiedene Parameterkombinationen ausgetestet werden und das Gesamtmodell schrittweise verbessert wird. Ziel ist dabei stets, die Abstandsquadrate von sich ergebenden mit tatsächlich beobachteten Kenngrößen wie z.B. Bestandszahlen, Stammdurchmesserverteilungen und räumlichen Charakteristiken aus der Punktprozesstheorie zu minimieren (pattern oriented modelling). Mathematisch betrachtet ist es in der Tat eine Herausforderung, derartige Parametermodelle aus realen, d.h. tatsächlich beobachteten Wäldern abzuleiten.

Im Jahr 2009 wurden dazu am Institut theoretische Vorarbeiten zu einem Zugang zu diesem Schätzproblem über die statistische Schätztheorie durchgeführt. Die bisherige Methode der Anpassung an statistische Schätzgrößen mittels kleinster Quadrate kann als Spezialfall eines Schätzfunktionsverfahrens angesehen werden. Es ist jedoch relativ schnell klar, dass diese Schätzfunktion innerhalb der Klasse nicht optimal ist und effizientere Verfahren möglich sind.

Um die Möglichkeiten effizienter Schätzungen auszuloten, die auf Verfahren der statistischen Schätztheorie basieren, wurde der umgekehrte Weg gewählt und der Schätzer selbst als Funktion aufgefasst. Als Modell diente ein stark vereinfachtes individuenbasiertes Waldmodell mit nur 3 Baumarten und relativ geringer Parameterzahl. Aber bereits in diesem Modell spiegeln sich die wesentlichen Probleme des Schätzproblems wieder: Dichten und Momente können nicht explizit berechnet werden, so dass klassische Bayes-, Maximum Likelihood- oder Momentenverfahren nicht direkt einsetzbar sind. Da nur eine prozesshafte Realisierung beobachtet wird, aber keine Stichprobe, scheiden auch klassische, auf Stichproben basierende asymptotische Verfahren aus. Das System zeigt zudem ein instabiles Verhalten und kann bei gleichen Startbedingungen sehr unterschiedliche Wälder produzieren. Dies entspricht dem metastabilen Verhalten von Ökosystemen, und schließt im Prinzip die Effizienz von kleinste Quadrate Verfahren aus.

Um nun also die Grenzen der schätztheoretischen Möglichkeiten auszuloten, wurde dieses Spielmodell mit einer a-priori-Verteilung für die Parameter ausgestattet und der optimale Bayes-Schätzer, der aufgrund der fehlenden Kenntnisse über die Dichtefunktionen nicht direkt berechnet werden kann, durch einen multivariaten B-Spline approximiert, der wiederum auf ausgewählten Statistiken basiert. Die Approximation kann mittels der Anpassung linearer Modelle an simulierte Daten vorgenommen werden. Durch diese Vorgehensweise konnten mit geringem Aufwand effiziente Schätzer für die Parameter des individuenbasierten Waldmodells entwickelt werden.

Zudem konnten diese drei wesentlichen Aspekte gefolgert werden:

1. Effizientere Verfahren als kleinste Quadrate Anpassungen an geschätzte Strukturfunktionen sind möglich.
2. Wesentlich effizientere Schätzungen sind möglich, wenn zusätzlich zu den Informationen über den Wald zu einzelnen Zeitpunkten auch Informationen über die Veränderungen – und das über relativ kurze Zeitabschnitte - betrachtet werden.
3. Die Genauigkeit, mit der einzelne Parameter bzw. Parameterkombinationen geschätzt werden können, ist sehr unterschiedlich. Manche Modellparameter können sogar aus den Daten, die zu einzelnen Zeitpunkten erhoben werden, praktisch überhaupt nicht ermittelt werden.

Aus diesen Vorarbeiten ergeben sich neue Ansatzpunkte für die Schätzung von Parametern in individuenbasierte Waldmodellen.

Katja Rösch (2009) Parameterschätzung in individuenbasierten stochastischen Waldmodellen, Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg