

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird ein Verfahren aus der Familie der autoregressiven, benachbarten und verteilten Prozesse (AR-C-D) dazu verwendet, räumliche Konkurrenz in Verkehrsnachfragemodelle zu integrieren. Diese Modelle entsprechen grundsätzlich dem Axiom der Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen (Luces' IIA-Axiom), da jeder Strom von i nach j lediglich aus dem Transportangebot zwischen bzw. den sozioökonomischen Werten von i und j erklärt wird.

Für jede Form der Korrelation wird ein Lagegunstparameter π eingeführt, der den Einfluß naher und ferner Nachbarn im Raum beschreibt. Das Verfahren identifiziert relevante konkurrierende (oder komplementäre) Quelle-Ziel-Beziehungen, um sphärisch verteilte Residuen (Differenzen zwischen beobachteten und theoretischen Werten) zu erhalten.

Getestet werden repräsentative Reisendenströme für Kanada und Deutschland auf die sphärisch verteilten Residuenstrukturen mit unterschiedlichen Einflußmatrizen. Reine Distanzmatrizen spiegeln eine natürliche Ordnung wider, andere Matrizen basieren auf Analysen des Analytikers, d.h. direkt geordneter Daten.

Die Schätzung der Parameter erfolgt unbeschränkt und gemeinsam mit der Heteroskedastizität sowie der funktionalen Form der Erzeugungs-/Verteilungsmodelle. Da diese Modelle in einem quasi-direkten Format (QDF) vorliegen, machen es die vordefinierten Verkehrsträgerwahlmodelle möglich verkehrsträgerspezifische Nachfrageelastizitäten aus dem Produkt von Gesamtnachfrage und verkehrsträgerspezifischen Anteilen herzuleiten.

Aus den Regressionsergebnissen werden systematische Informationen herausgefiltert, um Modellfehler zu korrigieren. Dabei ist es wichtig, ob die statistischen und ökonomischen Ergebnisse, wie z.B. die Nachfrageelastizitäten, auf einer vorgegebenen multiplikativen oder einer optimierten Modellform basieren.

Deskriptoren:

Generelle Autokorrelation, räumliche Autokorrelation, Heteroskedastizität, Box-Cox-Transformation, Verteilungsdelta, R-Koyck-Delta, natürliche Ordnung, reglementierte Ordnung, AR-C-D-Verfahren, Intercity, Gesamtnachfrage, Modalwahl, Erzeugung-Verteilung, Kanada, Bundesrepublik Deutschland, Elastizität, räumliche Konkurrenz, Residuenstruktur, Prognose, Modelle, Verkehr.

Kurzbericht

In dieser Arbeit wurde ein grundlegender Ansatz zur Beschreibung von Verkehrsströmen entwickelt, der die herkömmlichen Verkehrsträgerwahl- und Erzeugungs-/Verteilungsmodelle widerspruchsfrei verknüpft und dabei die Aussagekraft dieser Modelle erweitert.

A. Mit Blick auf die Spezifikation des Modells

A.1. verwendet das gewählte quasi-direkte Format (QDF) in der Erzeugungs-/Verteilungsgleichung einen aussagekräftigen Index der Attraktivität bzw. des Nutzens der verfügbaren Verkehrsmittelalternativen.

Erzeugungs-/Verteilungsmodelle verwenden häufig eine sehr vereinfachte Spezifikation der Bedeutung des Verkehrs. Üblicherweise wird dessen Einfluß durch eine einzige Variable wie z.B. Kosten oder Entfernung eines maßgeblichen Verkehrsträgers ausgedrückt. In unserem Ansatz sind die Kosten- und Bedienungsniveaus aller verfügbaren Verkehrsträger in einem Index maßgebend, da dieser als Nenner des Logit-Modells der Verkehrsträgerwahl dient. Daraus folgt, daß die Veränderung einzelner Reisekosten oder Bedienungsniveaus sowohl die Verkehrsträgerwahl als auch das Reiseaufkommen beeinflusst. Außerdem ist aus der Nutzentheorie bekannt, daß – unter bestimmten Bedingungen – der natürliche Logarithmus dieses Verkehrsträgerindex als der zu erwartende größtmögliche Nutzen über alle Verkehrsträger interpretiert werden kann.

A.2. fügt das gewählte QDF den quell-ziel-bezogenen Variablen, die derzeit zur Erklärung von Verkehrsströmen verwendet werden, den Einfluß anderer Alternativen hinzu.

Das zweifelhafteste Merkmal der bisherigen Spezifikationen von Erzeugungs-/Verteilungsmodellen ist die alleinige Abhängigkeit eines bestimmten Quell-Ziel-Verkehrsstromes von den verkehrlichen und sozioökonomischen Bedingungen des Quell-Ziel-Paares. Dieses hängt mit dem Auftreten von Kollinearität bei Berücksichtigung anderer Alternativen zusammen – vorausgesetzt die relevanten konkurrierenden bzw. komplementären alternativen Beziehungen sind überhaupt zu ermitteln. Der gewählte Ansatz löst beide Probleme – das der Ermittlung sowie das der Kollinearität

– durch die Formulierung überprüfbarer Hypothesen zur Auswahl relevanter Alternativen auf Basis korrelierender Fehlerterme¹ und die Gewichtung des Einflusses solcher zusätzlicher Alternativen mittels eines Korrelationsparameters, der grundsätzlich die Multikollinearität vermindern soll. Diese indirekte Methode der Einführung 'fremder' statt lediglich 'eigener' Variablen in die Erklärung von Verkehrsströmen ist flexibel und an die Besonderheiten jedes Problems anpassbar.

B. Hinsichtlich der Kalibration des Einflusses aller Variablen erlaubt der gewählte Ansatz den Daten zu entscheiden, welche mathematische Form für das Problem die geeignetste ist. Beispielsweise

B.1. wurde für das Verkehrsträgerwahlmodell getestet, ob Veränderungen bei sehr kleinen bzw. sehr großen Verkehrsträgeranteilen einen gleichförmigen Einfluß auf die Wahlwahrscheinlichkeiten besitzen und in welchem Umfang im besonderen asymmetrische Reaktionsschwellenwerte vorhanden sind.

Unter Verwendung des klassischen Logit-Modells wurde die mathematische Form der eingehenden Nutzenfunktionen untersucht, wonach die lineare Form verworfen werden mußte. Sie impliziert die Annahme, daß Veränderungen der Reisebedingungen Effekte haben, die vollständig unabhängig von der Reiseweite und gleichförmig über alle Verkehrsträger sind (MANDEL, GAUDRY UND ROTHENGATTER mandel94). Die Werte der geschätzten Box-Cox-Transformationen zeigen, daß die Nutzenfunktionen nichtlinear sind und implizieren das Vorhandensein von asymmetrischen Schwellenwerten in den Reaktionen der Reisenden. Die verwendete flexible Spezifikation weist die beliebte einfache lineare Form, die oft ohne die notwendige Prüfung der Bedeutung des Funktionsverlaufs und der empirischen Gültigkeit unterstellt wird, mit Bestimmtheit zurück.

B.2. wurde im reinen Erzeugungs-/Verteilungsteil des Modells die Kalibration der Wechselwirkungen zugelassen und den Daten 'erlaubt' sich von der üblichen multiplikativen Form zu entfernen.

Obwohl zu erwarten ist, daß räumliche Wechselwirkungen, wie Verkehrs- oder Kommunikationsflüsse, durch eine Struktur bestimmt sind, in der der Einfluß jeder Variable ebenso von ihrem

¹Üblicherweise resultieren korrelierende Fehlerterme aus dem Mangel an erklärenden Variablen im Modell.

Niveau als auch dem anderer Variablen abhängt – wie es in einem multiplikativen Modell der Fall ist, wurde im gewählten Ansatz eine zusätzliche Feinabstimmung dieser Wechselwirkungen mittels Box-Cox-Transformationen vorgenommen. Es zeigte sich, daß einige Variablen multiplikativ, andere dagegen additiv in das Modell eingehen sollten. Hier konnte die Modellgüte in erheblichem Maße verbessert werden, auch wenn die transformierten Werte sich nicht wesentlich von denen der multiplikativen Modellform unterscheiden.

- C. Die Extraktion der systematischen Information aus dem Residualfehler konnte erfolgreich vorgenommen werden, so daß der Fehlerterm nun von rein zufälliger Natur ist, eine konstante Varianz sowie einen Mittelwert von Null ausweist und die Unabhängigkeit erfüllt, was sich positiv auf die Zuverlässigkeit des statistischen Test auswirkt.

Angesichts der Tatsache, daß es unmöglich ist ein perfektes Modell zu spezifizieren, ist es unerläßlich, aus den Fehlertermen ein Modell zu erzeugen, um zumindest die systematischen Informationen zu extrahieren, die erfahrungsgemäß enthalten sind. Die Formulierung systematischer Zusammenhänge zur Erklärung von Korrelationen zwischen den Beobachtungen bzw. um eine konstante Varianz der Fehlerterme zu erhalten, ist nicht nur notwendig, um die beobachteten Ströme so gut wie möglich zu erklären, sondern auch, um einen Modellierungsfehler zu erhalten, der es erlaubt, statistische Größen – wie z.B. die t -Statistiken – zu berechnen, die nicht fehlerbehaftet sind. Solche Fehlerterm-Modelle beeinflussen auch die Schätzwerte für alle anderen Strukturparameter. Sie nehmen Einfluß auf die Bedeutung der Modellstruktur, verändern die maßgeblichen Korrelationsschemata für die erklärenden Variablen und verbessern die Wahrscheinlichkeitsmaße sowie unterschiedliche Tests, die üblicherweise für jede erklärende Modellstruktur durchgeführt werden. Die besondere Betonung der räumlichen Natur von Informationen in Verkehrsmodellen verlangt nach speziellen Erweiterungen der bestehenden Kalibrationsverfahren. Es konnte gezeigt werden, daß solche Verfahren erhebliche Auswirkungen auf die Modellparameter haben – z.B. auf die Nachfrageelastizität – und auch in die erwartete Richtung wirken. Schon an anderer Stelle (PICARD, NGUYEN UND GAUDRY, picard88) wurde gezeigt (vgl. Kapitel 2), daß die durch einfachere Modelle erzeugten Widerstände zu groß sind, da gesamtwirtschaftliche Input-Output-Beschränkungen ebenso wenig berücksichtigt werden wie eine besondere räumliche Konkurrenzstruktur bzw. Konkurrenzsituation.

Unser Ansatz ist daher reich an Spezifikationsmöglichkeiten, weist eine flexible funktionale Modellform auf und besitzt wirksame Möglichkeiten der Extraktion von Informationen aus den Daten bzw. der Modellanpassung an die Erhebungsdaten.