.T2262CD.CHAONEN.CHTLEQMS17.8truecm1.82truecm

Nummer 25 ISSN 0939-4370 **September 1992**

Grassberger-Procaccia Dimension

Improving Algorithms using Euclidian Norms

Summary

An improved algorithm for Grassberger-Procaccia dimension calculations using true m dimensional distances (euclidian norm) is developed. The influence of embedding dimension on computing time is removed and simultaneous computation of several embeddings becomes possible.

Introduction

A common application of deterministic chaos [1] towards empirical time series is the calculation of fractal dimensions using the Grassberger-Procaccia [2] algorithm (GPA), which requires computation of distances in m dimensional embedding spaces. Most authors are using a maximum norm [3], i.e. the greatest distance in a single dimension as an estimate for the true m dimensional distance between two points. This is computationally helpful, but asymptotic features of this approach have not been dealt with. Especially, in the case of small distances, as being important for GPA, there could be unknown deviations. In this paper, an algorithmic improvement to GPA dimension calculations using true m dimensional distances (euclidian norm) is developed.

Phase space reconstruction and GPA

Following [4] an empirical time series $x_1, x_2, x_3, ..., x_n$ can be reconstructed using a time delay τ in an m dimensional embedding space. The reconstructed points p_i are defined as m dimensional vectors:

$$p_i = (x_i, x_{i+\tau}, x_{i+2\tau}, ..., x_{i+(m-1)\tau})$$

now the correlation integral [2]

$$C(r) = \lim_{n\to\infty} \frac{(\text{number of pairs with} |p_i - p_j| < r)}{n^2}$$

is determined for all radii r and the dimension is estimated by

$$dim = \lim_{r\to\ 0} \frac{\log C(r)}{\log r}$$

being applied to all $C(r)$. $|p_i - p_j|$ is the distance of points i and j in an m dimensional space. Here we use the euclidian distance and call it $D_{i,j}$, which is given by

$$D_{i,j}^2 = (x_i - x_j)^2 + (x_{i+\tau} - x_{j+\tau})^2 + ...$$
$$+ (x_{i+(m-1)\tau} - x_{j+(m-1)\tau})^2$$

Improving calculation of distances

Now the distance between points $p_{i+\tau}$ and $p_{j+\tau}$ reads like

$$D^2_{i+\tau,j+\tau} = (x_{i+\tau} - x_{j+\tau})^2 + \cdots$$
$$(x_{i+(m-1)\tau} - x_{j+(m-1)\tau})^2 + (x_{i+m\tau} - x_{j+m\tau})^2$$

and comparing $D_{i,j}$ with $D_{i+\tau,j+\tau}$ yields

$$D^2_{i+\tau,j+\tau} = D^2_{i,j} - (x_i - x_j)^2 + (x_{i+m\tau} - x_{j+m\tau})^2$$

So, a distance may not always be computed from m squared differences but from its τ-predecessor and only two squared differences. For computation of all $n^2/2$ distances $D_{i,j}$ only an adequate reordering in the loop of indices i and j is required, in order to arrange as many $D_{i,j}$ as possible in steps of τ.

Furtheron, partial sums of squared differences could be computed simultaneously, if the new squared differences "appearing on the right side" are placed on a stack. So several embeddings can be computed in one pass through data.

Discussion

Though still GPA remains proportional to n^2 in its computing time, the influence of the embedding dimension is removed. Especially for higher dimensional embeddings this is useful. Advantages of maximum norm calculations diminish, whereas euclidian norm algorithms with their inborn numerical precision are speeded up.

Acknowledgements

This research was supported by Deutsche Forschungsgemeinschaft, SFB 258. The author thanks H.E. Voelcker for mediation of clear (in)sights.

C. Besthorn

Zentralinstitut f"ur Seelische Gesundheit, 6800 Mannheim 1, Germany

[1] H.G. Schuster, Deterministic Chaos (Physik Verlag, Weinheim, 1984).

[2] P. Grassberger and I. Procaccia, Physica 9 D, 189 (1983).

[3] M. Franaszek, Phys. Rev. A 39, 5440 (1989).

[4] F. Takens, Dynamikal Systems of Turbulence, edited by D.A. Rand and L.S. Young (Springer, Berlin, 1981).

Leserbriefe ?!

Aus gegebenem oder besser gesagt aus fehlendem Anlaß möchten wir hiermit alle Leser der Chaotischen Nachrichten auffordern, ihre Meinung zu aktuellen Fragen der Chaosforschung oder auch zum Erscheinungsbild dieser Zeitung kundzutun. Wir werden jeden Leserbrief veröffentlichen, ggf. etwas gekürzt.

Seminarprogramm

Vorläufiges Programm des Chaos-Seminars ab 5.11., jeweils Donnerstags, 17^{15}, HS 1400, TU München:

Die weiteren Themen und Referenten werden am 5.11. im Seminar festgelegt und kurzfristig im TU-Terminkalender und in der Chaotischen Nachrichten bekanntgegeben.

Impressum: Herausgeber: Die Chaosgruppe am Physik-Department der TUM / Redaktion: Ralph Rückerl / Released: 12. August 1994/ Beiträge von C. Besthorn, G. Eilenberger, W. Eberl und der Redaktion / Layout: Die Redaktion zusammen mit A. Brunner, P. Pöschl, P. Hildebrand, T. Eris / Auflage: 200 / special thanks to: Ole Steuernagel, Jörn Wellniak (studentische Vertretung der TUM) / Symposium „Chaos und Strukturbildung '92“ sponsored by NeXT, DASA, Siemens, SUN / Verlagsanschrift: ChaoNen, Chaos-Gruppe, TU München, Arcisstr. 21, 8000 München 2, Tel.: 089/2105-2320, Fax: 089/2105-2000 / Bankverbindung: 14053-805, PostGiroAmt München (BLZ 700 100 80) ISSN 0939-4370

V.i.S.d.P: Ralph.Rueckerl@physik.tu-muenchen.dbp.de

Dynamics Days '92

Ein kurzer Überblick über die vorgetragenen Themen

Nachdem in den letzten Chaotischen Nachrichten die Tagung bereits vorgestellt wurde, will der Organisator Prof. G. Eilenberger hier die Inhalte der Vorträge kurz zusammenfassen (die Red.).

Am Mittwoch, dem 10.6., gab Herr Lichtenberg (U. Berkeley) in seinem Hauptvortrag einen Überblick über substantielle neuere Untersuchungen zur deterministischen Diffusion in hamiltonschen Systemen. Die schwierige Arnold-Diffusion wird insbesondere am Modell zweier gekoppelter Standardabbildungen untersucht. Man unterteilt verschiedene Regionen im Phasenraum in stochastische Gebiete und Gebiete entlang der Tori, faßt gegenseitige Beeinflussung als stochastische Kicks auf und berechnet daraus die lokale Diffusion. Daraus folgt schließlich die globale Diffusion.

Das jahrhundertealte Problem: „Ist das Sonnensystem stabil?“ war Gegenstand des mitreißenden Vortrages von Herrn Laskar (Bureau des Longitudes, Paris). Ausgehend von einem Überblick über die Historie des Problems kommt er zum gegenwärtigen Erkenntnisstand: Das Sonnensystem ist chaotisch! - mit einem größten Ljapunovexponenten von $(5 * 10^6 y)^{-1}$.

Weitere Vorträge des Tages befaßten sich mit speziellen Problemen bzw. Systemen der klassischen Mechanik und der Niveaudynamik in Quantensystemen (Herr J. Zakrzewski), dem quantenmechanischen Meßprozeß und multifraktalen Prozessen.

Der Nachmittagsvortrag von Herrn W.S. Edwards (Lyon) zeigte schöne Experimente zur Faraday-Instabilität (auf Flüssigkeiten angeregte Oberflächenmuster), bei denen erstmals durch geeignete Frequenzmischungen quasikristalline Muster erzeugt werden konnten. Sehr verwandte Phänomene wurden von Herrn B. Christiansen (Kopenhagen) in einem späteren Kurzvortrag gezeigt.

Am Donnerstag, dem 11.6., gab Herr Frøyland (Oslo) einen Überblick über die Theorie des Lorenzattraktors. Leitender Gesichtspunkt war die Parameterabhängigkeit der homoklinen und heteroklinen Bahnen, die von einem zum diesem bzw. zu einem anderen Fixpunkt führen.

Der Hauptvortrag über die innere Organisation pflanzlicher Gestaltbildung wurde von Herrn S. Douady (ENS, Paris) gehalten. Beobachtungen, daß sich die Samen- und Blätteranordnungen vieler Pflanzen aus zwei gegenläufigen Spiralen ergeben, deren Anzahl durch Fibonnaci-Zahlen festgelegt ist, sind seit langem bekannt. Ein Modell hierfür besteht aus sich gegenseitig abstoßenden Teilchen, die sich auf einer Scheibe so anordnen, daß ihre Energie minimal wird.

Weitere Vorträge des Tages beschäftigten sich mit der Charakterisierung verschiedener chaotischer Systeme, unter anderem die beiden Hauptvorträge von Herrn S. Ruffo (Florenz) über gekoppelte Oszillatoren und von Herrn L. Fronzoni (Pisa) über die Parameterabhängigkeit des Chaos in Josephsonkontakten.

Unter den Kurzvorträgen besonderer Erwähnung wert ist der Vortrag von Herrn M. Natiello (Uppsala), der als neue Idee zur topologischen Charakterisierung von Attraktoren die Verkettung der periodischen Bahnen mit Hilfe der Artinschen Zopfgruppen untersuchte.

Der Hauptvortrag von Herrn L. Flepp (ETH Zürich) befaßte sich mit experimentellen NMR-Laserdaten und deren Modellierung durch gewöhnliche Differentialgleichungen. Die Übereinstimmung ist exzellent.

Der Freitag, 12.6., begann mit zwei Hauptvorträgen zur Dynamik granularer Systeme – Pulver, Sand, Kies; ein Gebiet der Physik, welches unter dem Schlagwort „selbstinduzierte Kritikalität“ in den letzten Jahren Beachtung gefunden hat, und welches von immenser technischer Bedeutung ist – von Betonschüttungen über die Dynamik von Getreidesilos bis zur erwünschten Homogenität pharmazeutischer Pulvermischungen. Beide Hauptvortragenden, Herr J. Rajchenbach (Paris) und Herr S. Fauve (ENS Lyon) präsentierten eine Fülle experimenteller Untersuchungen und Fakten.

Zu den besonders hervorzuhebenden Kurzvorträgen gehört der von Herrn P. Cvitanovič (Kopenhagen). Er hat die im wesentlichen von ihm selbst entwickelte Methode zur Berechnung quantitativer Eigenschaften seltsamer Attraktoren aus den Daten der instabilen periodischen Bahnen angewandt auf die Berechnung der Diffusionskonstanten im Lorenz-Gas.

Der Hauptvortrag am Nachmittag von Herrn J. McCauley (Houston) ebenso wie der zweite Hauptvortrag am Samstag, dem 13.6., von Herrn G. Paladin (Aquila) hatten das immer noch nicht voll verstandene Phänomen der Turbulenz zum Gegenstand. Während McCauley einen Überblick über die bestehenden Theorien der Turbulenz und ihre Konsequenzen gab, wurde von Paladin ein neues Modell, das „Schalenmodell“ (im Fourierraum) vorgestellt und Resultate numerischer Simulation gezeigt, die interessante Übereinstimmung mit Experimenten aufweisen.

Herr H.P. Herzel (Berlin) arbeitet an einem Forschungsprogramm zur Modellierung der Lauterzeugung der menschlichen Stimme. In einem faszinierendem Vortrag zeigte er, daß die Signale der menschlichen Stimme lange genug anhalten, um neben der Standardfourieranalyse auch Methoden der nichtlinearen Dynamik (z.B. Zeitreihenanalyse) zu verwenden. Klinisch bekannten Stimmdefekten können Parameteränderungen so gewonnener Modelle zugeordnet werden.

Eines der interessantesten Themen brachte der letzte Vortrag von Herrn M.V. Berry (Bristol). Eine wohldefinierte „Berry-Phase“ tritt auf, wenn ein quantenmechanisches System in einem Eigenzustand adiabatisch einen Zyklus durchläuft. Das klassische Analogon, der „Hannay-Winkel“, ist bisher nur definiert, wenn das entsprechende hamiltonsche System entlang des ganzen Zyklus integrabel ist. Berry konnte nun zeigen, daß das klassische Analogon „seiner“ Phase auch im anderen Grenzfall existiert, wenn das klassische System ergodisch ist.

G. Eilenberger

Chaotische Arbeitskreise

Noch sind nicht alle Arbeitskreise, die geplant wurden, in geeigneter Weise installiert. Dies gilt vor allem für die AK's Turbulenz, Umwelt und Medizin. Andere wiederum sind schon gut etabliert:

Chaos und Philosphie

Definitionen kritischer Begriffe, Auswirkungen der Chaosforschung auf das Weltbild, „Was ist revolutionär an der Chaosforschung?“. Harriet Zielke, Tel. 089/7695031

Chaos, Musik und Kunst

Textsammlung der AK-Mitglieder zu diesem Thema beziehbar. Dr. Birgit Merté, Tel. 089/9829937

Interdisz. AK Nichtlineare Modelle

Thema der nächsten Sitzung: „Ist die Chaosforschung eine Weiterführung der Kybernetik?“. Stefan Wladarsch, Tel. 089/52354-103

Chaos und Didaktik

Experimenatalvorträge, Lehrerfortbildung, Einbau von Chaos in den Physikunterricht. Dieter Beckmann, Tel. 089/8348914

Chaos und Computer

Geplant, aber mit diesem AK-Leiter kaum zu realisieren: SW-Unterstützung für diverse Rechner, Sammlung von Demoprogrammen. Stefan Zaunseder, Tel. 0871/89235

Alle hier genannten AK-Leiter sind auch über email erreichbar. Muster: Vorname.Nachname@physik.tu-muenchen.dbp.de

Neue Mitglieder

Martin Gürtner, 1946 in Überlingen am Bodensee geboren. 1972 Musikstudium in Heidelberg mit staatlicher Privatmusiklehrerprüfung (Hauptfach Violine) abgeschlossen. Von 1973-76 Informatik-Studium in Stuttgart. 1979-84 Leiter eines Ensembles für alte Musik (Mittelalter und Renaissance). Seit 84 Hobbychaosforscher mit Schwerpunkt auf musikalischen Möglichkeiten. Interessen: Müßiggang in möglichst freier Natur, Lesen, Kochen usw. Zur Zeit überwiegend als Violinpädagoge tätig.

Urs Elrod, geboren am 4.9.51 in Zürich,Schweiz. Verheiratet, 3 Kinder. Physikstudium und Promotion (Solarzellen) an der Uni Konstanz. 1985 Eintritt in die Firma Siemens München. Arbeitsgebiete: Prozeßentwicklung und Produktetechnik für integrierte Schaltungen. Ab Juni '92 64DRAM Entwicklung bei IBM/Siemens USA. Freizeitbeschäftigung: Familie, Computer (symbolische Mathematik in Anwendungen), Radwandern.

Stefan Wladarsch geboren 11.10.66 in Ingolstadt, studiert Physikalische Technik an der FH in München. Er absolvierte sein zweites Praktikumssemester von Februar 92 bis August 92 bei der Chaosgruppe. Tätigkeiten: Doppelpendelbau, Vortrag in Heidelberg, Organisation des Seminars in Ochsenberg und Aufbau des Bouncing Ball, Leitung des Interdisziplinären AK nichtlineare Modellierung. Sonstige Interessen: Theater und Musik.

Seit 15.9. halbtags im Chaos-Büro: Dipl. Biol. Gisela Ellwart

Hauptaufgabe von Frau Ellwart ist es, Publikationen der Chaosgruppe voranzutreiben. An erster Stelle steht dabei das Buch „25 Experimente zu Chaos und Strukturbildung“, aber auch das „Who-Is-Who-Handbuch“ und das Chaos-Lexikon. Darüber hinaus wird sie als Organisatorin für alle anfallenden kleinen und mittleren Aufgaben gebraucht. Damit sie nicht alles selbst machen muß, bitten wir alle Mitglieder, doch ab und zu im Büro anzurufen (089/2105-2320) und zu fragen, ob man irgendwie helfen kann. Kernzeit ist Mo.-Fr. 9-12 Uhr. Die Stelle wird vom Arbeitsamt München gefördert.

Akronoym gesucht

Liebe Mitchaoten,

unser Vereinsname hat eine schlechte Eigenschaft: er läßt sich schlecht abgekürzt aussprechen. Wir suchen deshalb nach einem passenden Akronym, wobei die dazugehörige Langform durchaus neue Schwerpunkte setzen könnte. Der Einsender des besten Vorschlags erhält ein Doppelpendel als Preis.

Außer Konkurrenz gingen bereits folgende Vorschläge ein:

Bayerische **I**nitiative zur **E**rforschung des **R**ests

GEsellschaft für **NI**chtlineare **A**ufgaben und **L**ösungen

KOoperative für **N**ichtlineare **D**ynamik **O**ffener **M**odellsysteme

Termine

24.10.1992: Fraktale und Harmonik von Peter Neubäcker. 20 Uhr. Vortrag im Freien Musikzentrum, Ismaninger Str.29, 8000 München 80

ab 5.11.1992: Chaos-Seminar jeden Donnerstag, 17 Uhr in der TU München. Thema: Modelle für Chaos und Strukturbildung. HS 1400. Veranstalter: Prof. T. v. Egidy, Dr. habil. G. Geiger zusammen mit Dr. W. Eberl.

6.11.1992: ordentliche Mitgliederversammlung der Chaos-Gruppe e.V.. Ab 17^{00} im HS S0143 im Südbau der TU München.

7.11.1992: Chaos und Strukturbildung '92. Öffentliches interdisziplinäres Symposium der Chaos-Gruppe e.V. Ab 10^{00} im Südbau der TU München, Eingang Barer Str. 23. Eintritt 5DM, für Mitglieder frei. Themen: Theorie, Didaktik und Anwendungen nichtlinearer Dynamik. Medien: Vorträge, Poster, Experimente, Computer-Simulationen.
Ab 18^{00}: Nachfeier im Gebäude der TU Mensa: Eintritt 10DM, incl. Essen, Getränke und einem Los für die Tombola. Rahmenprogramm: Kammermusik, Theater, Tanz.

10.11.-11.11.1992: Lehrgang Fuzzy Logik in der Industriellen Automatisierung. Ort: Osterfildern (Nellingen). Info und Anmeldung: Technische Akademie Esslingen, Weiterbildungszentrum. Postfach 1265, In den Anlagen 5, 7302 Osterfildern.

11.11.-13.11.1992: Lehrgang zur Reduktion und Kompression digitaler Bilddaten. Ort: Osterfildern (Nellingen). Info und Anmeldung: Technische Akademie Esslingen, Weiterbildungszentrum. Postfach 1265, In den Anlagen 5, 7302 Osterfildern.

13.11.-15.11.1992: Workshop: Regulation im medizinischen Bereich, von Reflexen zur Chaostheorie Kontakt: Dr. Roloff, Institut für Physiologie, Humboldt Universität, Med. Fakultät, Hessische Str. 3-4, O-1040 Berlin.

25.11.-27.11.1992: Lehrgang Neuronale Netze. Ort: Osterfildern (Nellingen). Info und Anmeldung: Technische Akademie Esslingen, Weiterbildungszentrum. Postfach 1265, In den Anlagen 5, 7302 Osterfildern.

10.1.-16.1.1993: Meeting on Computational Methods for Nonlinear Phenomena in Oberwolfach. Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Albertstr. 24, 7800 Freiburg i.B.; Fax: (0)761/272698.

19.1.1993: Experimentalvortrag über Chaos und Strukturbildung bei der Studentenverbindung Aenania in der Türkenstrasse.

22.-24.1.1993: 9th GAMM-Seminar in Kiel. Adaptive Methods (for PDE): Algorithms, Theory and Applications. Prof. W. Hackbusch, Praktische Mathematik CAU, Olshausenstr. 40-60, 2300 Kiel 1

24.1-30.1.1993: Optimale Steuerung partieller Differentialgleichungen in Oberwolfach. Mathematisches Forschungsinstitut Oberwohlfach, Albertstr. 24, 7800 Freiburg. Chairmen: K.-H. Hoffmann, J. Sprekels.

31.1.-6.2.1993: Meeting on Asymptotics Adaptivity in Computational Mechanics in Oberwolfach. Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Albertstr. 24, 7800 Freiburg i.B.; Fax: (0)761/272698.

2.2.1993: Experimentalvortrag über Chaos und Strukturbildung beim VDI Lippstadt. Zeit: 19 Uhr. Ort: Restaurant „Haus Ortwein", Bökenförderstr. 18, 4780 Lippstadt.

9.3.1993: Experimentalvortrag über Chaos und Strukturbildung beim VDI Ulm. Zeit: 17.30 Uhr. Ort: Firma Wieland-Werke AG, Graf-Arco-Str. 34, 7900 Ulm/Donautal.

29.3.-2.4.1993: 13. General Conference of the condensed Matter Division (CMD) of the European Physical Society (EPS) in Conjunction with Arbeitskreis Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft(DPG) in Regensburg. Universität Regensburg, Inst. für Angewandte Physik, z.Hd. Prof.H. Hoffmann, 8400 Regensburg; Fax: 0941/9434-544

12.4.-16.4.1993: Wissenschaftliche Jahrestagung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V.(GAMM) in Dresden. Technische Universität Dresden, Abt.Mathematik, z.Hd. Prof. Dr. M. Ludwig, Mommsenstr.13, O-8027 Dresden; Fax: 0351/4637114