

Primjena teorije kaosa i kompleksnosti u ispitivanju javnog mnijenja u tijeku predizborne predsjedničke kampanje u Hrvatskoj 2005.

Aleksandar Halmi *

SAŽETAK

Mnogi socijalno-politički fenomeni nisu po prirodi statični. Predizborne kampanje, predsjednički izbori, oblikovanje javnog mnijenja, nekontrolirano širenje međunarodnog terorizma i slične pojave, u suštini su dinamički procesi. No, mnogi istraživači proučavaju te fenomene kao statične procese koristeći se pritom tradicionalnim metodama istraživanja kao što su anketna istraživanja, regresijski modeli, retrospektivne i transferzalne studije itd. Nažalost, razvoj metoda za analizu promjena bio je znatno sporiji od razvoja drugih metoda za analizu podataka i testiranje statističkih hipoteza. U članku autor pokušava primijeniti nove metode za analizu navedenih dinamičkih promjena, ponajprije one koje se odnose na ispitivanje javnoga mnijenja glede izbora za predsjedničke kandidate.

Ključne riječi: Grafička i spektralna analiza, korelacijski integral, Ljapunovljevi eksponenti, predsjednički izbori, javno mnijenje, izborne studije

Uvod

Izborne studije predstavljaju jedno od najvažnijih područja suvremene političke znanosti i obuhvaćaju njezina tri temeljna područja: političke strukture (polity), političke procese (politics) i političke sadržaje (policy). Tu se dotiču i isprepleću različiti metodološko-analički pristupi: teorija političkih institucija, policy-analiza, behavioral studies, deskriptivna i normativna teorija demokracija i drugo (Kasapović, 1998.). Teorijski i metodologijski najutjecajnije izborne studije odigrale su odlučnu ulogu u razvitku suvremene političke znanosti, ali su utjecale i na razvitak ostalih društvenih znanosti. Među njima su bile i mnogobrojne studije

* Aleksandar Halmi, profesor na Odjelu informatologije i komunikologije, Sveučilišta u Zadru.

koje su počivale na tradicionalnim metodama, kao što su anketna istraživanja, area-studije, transferzalne studije, studije slučaja i slično. Istraživanje izbora uvijek je bilo osobito intenzivno upravo u početnim razdobljima razvitka političke demokracije u pojedinim zemljama ili tranzicijskim regijama, jer se izborima davala ključna uloga u ustrojstvu demokratskih političkih poredaka. Iako u Hrvatskoj izborne studije nisu ni približno toliko rasprostranjene i česte kao u sjevernoameričkim i većini europskih zemalja, zbog njihova nesumnjiva društvenoga i metodologijskoga značenja i u našoj se zemlji javlja potreba za obuhvatnijom znanstvenom analizom njihova dosadašnjeg spoznajnoteorijskog i metodologijskog dometa. Čak i površno praćenje naše istraživačke prakse otkriva da se dosad realizirane izborne studije bitno razlikuju, kako prema stupnju znanstvene utemeljenosti i vrstama korištenih istraživačkih metoda, tako i prema općoj valjanosti dobivenih rezultata. Neka od dosadašnjih istraživanja dosegla su prilično zadovoljavajući stupanj valjanosti i pokazala su se dobrim prediktorima. Druga su krajnost različita loše vođena anketna istraživanja. Kako navodi Lamza-Posavec (Lamza, 1995) "ankete se u medijima javnog priopćavanja nazivaju istraživanjima javnoga mnijenja i tretiraju se kao argument ozbiljnosti i utemeljenosti iznesenih tvrdnji, a obično ne udovoljavaju ni osnovnim metodološkim i statističkim kriterijima u vezi s prikupljanjem, obradom ili interpretacijom prikazanih podataka". Osim različitih "istraživanja" što izmiču bilo kakvoj znanstvenoj kontroli, ni dosadašnja se istraživanja u znanstvenim i stručnim institucijama nisu u svim prilikama pokazala dostatno valjanima, kako u pogledu korištenih istraživačkih metoda, tako ni u smislu prediktivne valjanosti dobivenih rezultata. Kako se čini, istraživačka praksa je u mnogim slučajevima preduhitrla teorijsko promišljanje, bilo zbog nedovoljnog poznavanja takve vrste predmeta istraživanja ili pak zbog nepoznavanja ili nedostatnog razumijevanja metoda i tehnika relevantnih za dinamička istraživanja javnoga mnijenja. Zato je temeljni cilj istraživanja primijeniti sasvim nove tehnike u istraživanju javnoga mnijenja koje se više usmjeravaju na dinamičku analizu vremenskih nizova, jer su se dosadašnje metode prikupljanja i analize podataka iz ove vrlo osjetljive problematike pokazale nepouzdanе, tako da ne mogu poslužiti u daljnje prediktorske svrhe u vezi s istraživanjem ove složene i dinamične materije.

Problem istraživanja

U suvremenoj metodologiji političkih znanosti izborne studije imaju važnu ulogu, ali i veliku društvenu odgovornost. Iako spadaju u područje opće metodologije društvenih istraživanja, pa zato moraju udovoljiti istim znanstvenim i etičkim kriterijima, riječ je ipak o osobito osjetljivu i odgovornu području istraživačkoga rada upravo zbog svoje dinamičke prirode. Dinamička priroda javnoga mnijenja koja oscilira od jednog više neodređenog i difuznog stanja k jednom jasno izraženom i glasno artikuliranom, navela je istraživače izbornih studija da jasno diferenciraju latentne od manifestnih, aktivne od pasivnih, trajne od nestabilnih fenomena u biračkom korpusu tijekom određenog vremena. U svim tim fazama istraživanja nazire se jedan dinamički obrazac koji istodobno ovisi o osobinama bi-

račkog korpusa, pa sve do kvalitete prezentiranog političkog programa. Naime, javno mnijenje, a time i birački korpus u svojem neodređenom ili latentnom stanju, polazi uvijek od niza događaja čije međusobne interakcije nisu još dobile određenu frekvenciju u određenom periodu, tako da su to, na početku predizborne kampanje, većinom još sasvim neodređene interakcije, do vrlo neobičnih i nepredvidivih reakcija pri samom kraju izbora. Bitno je ustvrditi da se birači još na početku izborne kampanje ne osjećaju kao sudionici jednoga dugotrajnog, intenzivnog i dinamičnog procesa. Njihovo mišljenje još nije ušlo "u brazdu" određenoga društvenog htijenja i djelovanja. Tek kada oni svjesno ulaze u izborni proces, tek tada postaju predmetom intenzivnog procesa dinamičke interakcije, pa polagano preko individualnih razlika i nijansi dolaze do povezanijeg i zajedničkog stajališta ili konsenzusa prema određenom predsjedničkom kandidatu, političkoj stranci ili pak programu koji ona nudi. Nužan uvjet za to *jest* da je njihovo uvjerenje vezano za određenu socijalno-političku akciju koja će dovesti do promjena dotadašnjeg društveno-političkog sustava. U svakom slučaju radi se o složenoj i dinamičkoj materiji koja se ne može promatrati s relativno uskog stajališta neke pojedinačne znanstvene discipline, nego zasigurno zahtijeva obuhvatniji transdisciplinarni pristup. Visok stupanj osjetljivosti izbornih studija jedan je od glavnih razloga zbog kojih se pred tu vrstu empirijskih istraživanja postavljaju osobito rigorozni zahtjevi u pogledu valjanosti i preciznosti dobivenih rezultata. Unatoč relativno skromnoj tradiciji izbornih studija na našim prostorima, dosad prikupljena iskustva ipak omogućuju da se u našim uvjetima provede koliko-toliko sustavna analiza njihova realnoga metodologijskog i spoznajnog dometa. Dosad je u svjetskoj literaturi objavljeno mnogo različitih meta-analitičkih istraživanja ovog karaktera, ali bitno različitih prema stupnju znanstvene utemeljenosti, primijenjenoj istraživačkoj metodologiji i valjanosti dobivenih rezultata.

Mnogi socijalno-politički fenomeni nisu zato po prirodi statični. Predsjednički izbori i biračko tijelo, nepredvidivost i nekontrolirano širenje međunarodnog terorizma i agresije, oblikovanje javnog mnijenja, u suštini su dinamički procesi. No, mnogi istraživači i politički analitičari proučavaju te fenomene kao statične procese. Transferzalne ili crossekcijske analize i dalje su dominantna disciplinarna istraživanja i to iz dva razloga. Prvo – u istraživanju javnoga mnijenja, kao glavne strategije u transferzalnim analizama, koriste se anketna istraživanja kao najučinkovitija i najpouzdanija metoda prikupljanja empirijskog materijala od birača. Drugo – metodološke vještine istraživača i analitičara uglavnom su usmjerene na tehnike koje dobro pristaju analizi transferzalnih podataka i morfostatičkih struktura (analiza linearnog trenda, regresijska analiza i ostali linearni strukturalni modeli). Premda su dinamičke analize kvalitativnih i kvantitativnih promjena sustava i nelinearna analiza vremenskih serija u sve većem porastu, pravih istraživanja dinamičkih procesa gotovo da i nema ili su ona neznatna (Huckfeldt, 1990; Brown, 1991). Jedan od najvećih budućih izazova je otkrivanje, odnosno identificiranje kompleksnih karakteristika koje su svojstvene dinamičkim fenomenima (Ford, 1998).

U predstojećoj raspravi primijenit ću tri metode za analizu kompleksnosti dinamičkih vremenskih serija. Prvo ću razmatrati neke **grafičke metode** za analizu dinamičkih procesa u faznom prostoru. U dugoj fazi primijenit ću specifične po-

stupke za utvrđivanje neobičnih atraktora u faznom prostoru kao što je, primjerice, **korelacijski integral**. I konačno, primijenit ću metodu **Ljapunovljevih eksponata** kako bi se ilustrirale različite mogućnosti koje su svojstvene kompleksnim dinamičkim sustavima.

Ciljevi istraživanja

Postoje različiti pokušaji teorijske operacionalizacije procesa strukturiranja biračkog korpusa, pri čemu se rabe jednodimenzionalni i višedimenzionalni modeli političkog prostora. Najraniji su pokušaji dimenzioniranja političkog prostora inspirirani "ekonomskom teorijom demokracije" (Downs, 1957) koja pretpostavlja pozicioniranje birača, odnosno javnoga mnijenja unutar jednodimenzionalnog prostornog kontinuuma čiji su polovi označeni pojmovima lijevo-desno, odnosno liberalno-konzervativno. No, teorijski najutjecajniji i najplodniji pristup analizi političkog prostora unutar kojega se strukturira birački korpus *jest* model višedimenzionalnoga političkog prostora (Lipset i Rokkan, 1967). Upravo iz ovakvih teorijskih postavki proizlaze i ciljevi ovog istraživanja koji se mogu taksonomizirati na sljedeći način:

1. utvrditi je li se birački korpus ili javno mnijenje u slučaju predsjedničkih izbora 2005. konstituiralo u jednodimenzionalnom ili višedimenzionalnom političkom prostoru;
2. ako se birački korpus konstituira u jednodimenzionalnom političkom prostoru potrebno je utvrditi ponašaju li se prikupljeni podaci u tijeku predizborne kampanje prema linernom ili determinističkom modelu u sklopu kojega je moguće obaviti točne predikcije;
3. ako se birački korpus konstituira u višedimenzionalnom političkom prostoru, mogu se očekivati nelinearna gibanja u kojima su evidentne stohastične varijacije u podacima koji se mogu pripisati kaotičnom ponašanju kada je svako predviđanje gotovo nemoguće obaviti;
4. jesu li kompleksne promjene u biračkom sustavu povezane s dubljim strukturama društvenih i političkih sukoba, odnosno strukturama rascjepa koji dugotrajno djeluju i određuju usmjerenje javnoga mnijenja glede predsjedničkih izbora.

Ovako definirani ciljevi istraživanja otvaraju više različitih mogućnosti:

1. podaci dobiveni ispitivanjem javnoga mnijenja u tijeku predizborne predsjedničke kampanje mogu se analizirati tradicionalnim regresijskim modelima u unidimenzionalnim prostorima gdje su moguće točne predikcije;
2. determinističkim modelima nije moguće ispitivati dinamička kretanja u tijeku predizborne predsjedničke kampanje.

Hipoteze istraživanja

Na temelju ovako utvrđenih operativnih ciljeva moguće je formulirati sljedeći hipotetički okvir istraživanja:

1. očekuje se da će pozicioniranje biračkog korpusa u unidimenzionalnim ili višedimenzionalnim političkim prostorima u znatnoj mjeri utjecati na izbor određenoga predsjedničkog kandidata na predsjedničkim izborima 2005. godine;
2. jednodimenzionalni politički prostor unutar kojega se konstituiraju određeni birački korpus koji je orijentiran po dualnom modelu; lijevo-desno, liberalno-konzervativno, progresivno-reakcionarno, povezan je s tradicionalnim modelima obrade podataka u kojim dominiraju klasični modeli regresijske analize. U takvom determinističkom sustavu jednadžbi moguće je izvesti točne predikcije, jer se operira sa stacionarnim uzorcima podataka;
3. postoji povezanost između višedimenzionalnih političkih prostora i uzoraka prikupljenih podataka u predizbornoj predsjedničkoj kampanji. U takvim multidimenzionalnim prostorima očekuju se izrazite oscilacije podataka koji variraju od linearnih i determinističkih kretanja, preko cikličkih varijacija i sezonskih fluktuacija, pa sve do kaotičnih gibanja kada svaka prognoza postaje krajnje upitna;
4. kompleksne promjene u biračkom korpusu posljedica su konsolidacije liberalno-demokratskog poretka u Hrvatskoj, kao i u ostalim posttotalitarnim društvima. Takve složene promjene umnogome ovise o oblikovanju i stabilizaciji stranačkoga, ali i predsjedničkog sustava koji omogućuje konkurenciju političkih opcija, djelotvornu demokratsku kontrolu vlasti i nepristrane mehanizme pretvaranja biračkih preferencija u parlamentarne mandate.

Ovaj hipotetički okvir otvara mnogobrojna pitanja o hrvatskome biračkom i stranačkom sustavu koji se formirao poslije prvih slobodnih izbora 1990., a najvažnija su: Kako objasniti nastanak i razvitak stranačkog sustava u Hrvatskoj? Koji su temeljni sukobi utjecali na formiranje specifične strukture birača i stranača, njihovo pozicioniranje u političkom prostoru i njihove međusobne odnose? U kojoj je mjeri stranački i predsjednički sustav izraz dubljih strukturalnih promjena u hrvatskome biračkom tijelu.

Metodologija istraživanja

Ovako formuliran problem, te ciljevi i hipoteze istraživanja, navode nas na primjenu specifičnog metodološkog okvira istraživanja koji se sastoji od nekoliko karakterističnih komponenti:

Nacrt istraživanja

U izvođenju istraživačkih projekata ovakvog tipa gotovo uvijek se koriste longitudinalni korelacijski nacrti koji se još nazivaju kohortne ili panel studije, gdje se kao jedinica analize pojavljuju određeni segmenti javnoga mnijenja (biračko tijelo) čije se "raspoloženje" kontinuirano prati duže vrijeme.

Uzorak ispitanika

Uzorak na kojemu se izvode generalizacije određenih parametara na veće populacije u ovom slučaju je kumulativni (snowball), arealni uzorak koji nema određenu veličinu kao što je to slučaj kod tradicionalnih transferzalnih istraživanja javnoga mnijenja.

Metode prikupljanja podataka

Osnovne strategije korištene u ovom istraživanju u svrhu prikupljanja podataka jesu analiza dokumentacije agencije “Gong”, izlazne ankete agencije “Plus”, analiza sadržaja dnevnog tiska i anketno istraživanje.

Metode analize podataka

Glavne analitičke procedure koje smo primijenili u istraživanju su grafička i spektralna analiza, tradicionalni regresijski modeli, korelacijski intergral i Ljapunovljevi eksponenti.

Rezultati istraživanja

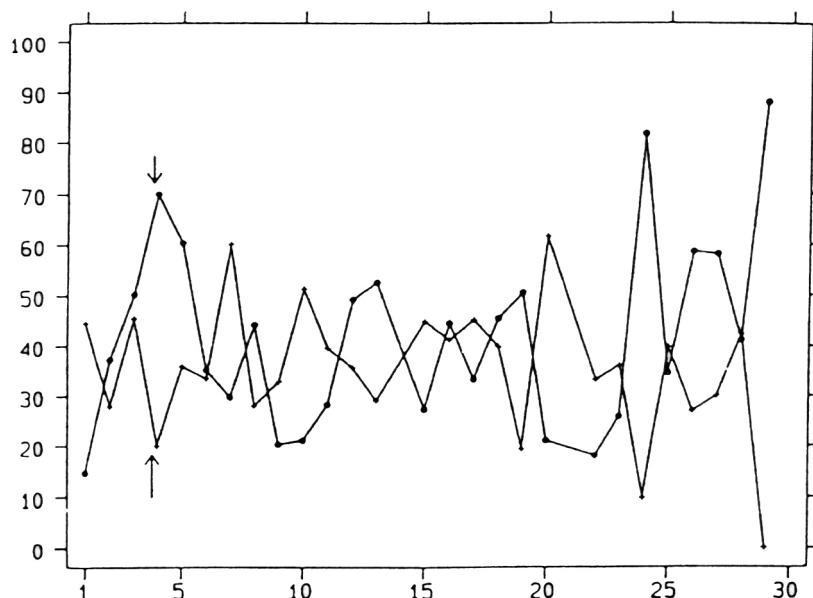
U sklopu rezultata istraživanja osvrnut ćemo se na podatke dobivene grafičkom analizom koji su obrađivani klasičnim regresijskim modelima. Dakle, radi se o analizi determinističkih podataka. U drugom dijelu razmotrit ćemo grafičke strukture nelinearnih podataka koji zahtijevaju sasvim drugačije metode analize.

Grafička analiza javnoga mnijenja u tijeku predizborne kampanje

Prvo je potrebno demonstrirati grafički prikaz (ciklusa) samog tijeka predizborne predsjedničke kampanje koja na početku pokazuje sistematski uzorak podataka tijekom vremenskog niza od mjesec dana. Primjenom te tehnike otkriva se vrlo kompleksna, ali još uvijek regularna struktura. Suština analize je pokazati da su te vremenske serije u biti kaotične. Primjer alternativnih linearnih modela upozorava na vrlo složenu dinamiku u analizi vremenskih serija. Grafički prikaz br. 1. pokazuje prosječan postotak glasova za dva predsjednička kandidata (Kosor, Mesić) u tijeku mjesec dana 2004. godine. Kada se izbori održe u jednom danu, rezultati pokazuju prosjek duž cijelog perioda trajanja predsjedničke kampanje.

Grafički prikaz sadržava tri vrste podataka o dinamici predsjedničkih izbora. Prvo – dolaze u obzir podaci koji ukazuju na eliminaciju ostalih predsjedničkih kandidata; drugo – podaci ukazuju na trenutno stanje izbora u pojedinoj jedinici vremena u određenoj izbornoj jedinici i treće – kako predizborna kampanja napreduje, rezultati počinju jako varirati. Predominantni uzorak podataka u longitudinalnom vremenskom nizu uglavnom je oscilatorni. Taj oscilatorni uzorak podataka može se prikazati pomoću jednostavnog modela “pobjedničkih” glasova. Očekivani trendovi ili prognoze budućih kandidata izvode se na temelju retrogradnih ispitivanja općeg “raspoloženja” biračkog korpusa prema strankama ili kan-

Grafički prikaz br. 1: Oscilatorni uzorak postotka glasova 2005. u tijeku nominacije



didatima koji će se natjecati na predstojećim izborima. U ispitivanju javnoga mnijenja koriste se dvije verzije regresijskog modela kako bi se ilustrirala ta dinamika. Prva metoda koristi se procentualnim računom izbornih rezultata. Taj model ima sljedeći oblik: postotak glasova za $M^*t = \alpha + \beta x$ (postotak glasova za $Mt-1$). Parametri se procjenjuju metodom najmanjih kvadrata. Vremenska trajektorija (putanja) oba modela je oscilatorna i konvergira prema ekvilibrijumu. Obje putanje pokazuju oscilacije u postocima u vrijeme predizborne kampanje (nominacije). No, ovaj uzorak podataka dobiven je pomoću parametara koji omogućuju samo kratkoročne prognoze. Drugi, više elaboracijski model, demonstrira dugoročnu oscilatornu narav promatranih uzoraka podataka i on je mnogo pouzdaniji. Putanje prostalih dvaju predsjedničkih kandidata koji ulaze u drugi izborni krug (Kosor, Mesić) dugoročne oscilacije i oscilatorne konvergencije. Budući da su sučeljavanja integralni dio predizborne predsjedničke kampanje, u model treba ugraditi postotak glasova koji su kandidati dobili nakon sučeljavanja. Ako eliminiramo sve ostale predsjedničke кандидате i u obzir uzmemo samo dva, dinamički model natjecanja izgleda ovako:

$$\begin{aligned}\Delta M_t &= \beta_0 - \beta_1 M_t + \beta_2 B_t \\ \Delta K_t &= \beta_0 - \beta_1 K_t + \beta_2 K_t\end{aligned}$$

gdje se prva formula odnosi na vrijednosti parametara postignutih u predizbornoj kampanji za prvog kandidata (Mesića), a druga se odnosi na drugog protukandidata (Kosor). Parametri odražavaju razinu "raspoloženja" birača prema kandidatima u periodu nominacije. Parametri se procjenjuju metodom najmanjih kvadrata pomoću sustava normalnih jednadžbi. Nakon procjene jednadžba može se standardizirati.

$$M_t + 2 - b_1 M_{k+1} - b_2 M_t = 0$$

Rezultati izborne kampanje prikazani su na sljedećoj tablici na kojoj se vide procjene parametara dinamičkog regresijskog modela drugog reda:

Kandidati	b	b ₁	b ₂
Mesić	.57	- 0.1020	- 0.4188
Kosor	.35	0.4304	- 0.2937

Supstitucijom procjene normalne jednadžbe u kvadratnu dobivamo sljedeći izraz:

$$r_1, r_2 = \frac{- (.1020) \pm \sqrt{(.1020)^2 - 4x(.4188)}}{2}$$

Očito je da je suma kvadrata korijena znatno ispod nule. Tako korijeni kompleksne konjugacije i opisane vremenske putanje sadržavaju longitudinalne oscilacije. Uzorak je sličan i za drugog protukandidata. Za posebne vrijednosti izračunatog korijena, vremenske putanje će pokazivati stabilna longitudinalna oscilatorna kretanja (Baumol, 1998). To znači da kompeticija između predsjedničkih kandidata perzistira duž čitavog vremenskog trajanja predizborne kampanje. Rezultati dobiveni pomoću tog modela nalikuju na vremensku putanju prikazanu na prethodnom dijagramu, gdje ni jedan kandidat, odnosno postignuti rezultati ne pokazuju jednostavna oscilatorna kretanja, što vodi prema varijacijama tijekom predizborne kampanje. Ovaj relativno jednostavni model omogućuje uvid u strukturu anketnih odgovora birača kada oni trebaju procijeniti šanse svakog kandidata u većoj skupini kandidata koji su nominirani u prethodnom razdoblju. Model nadalje otkriva promjenjivo raspoloženje javnog mnijenja u tijeku predizborne kampanje, pa zato predviđanje budućih rezultata izbora postaje ekstremno teško.

No, grafička analiza, odnosno vizualna inspekcija vremenskih nizova podataka, rijetko kada otkriva sistematske uzorke u prikupljenom empirijskom materijalu i to iz nekoliko bitnih razloga:

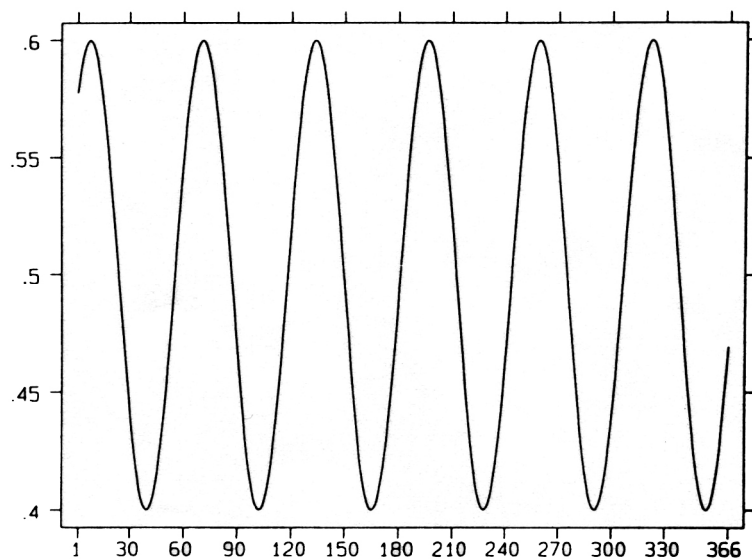
1. uzorci određenih modaliteta ponašanja birača postaju evidentni tek nakon promatranja longitudinalnih nizova podataka, a ne transferzalnim praćenjima;
2. različite neregularnosti u vremenskim nizovima dinamičkih varijabli moguće je otkriti tek spektralnom analizom u višedimenzionalnim (faznim) prostorima.

U daljnjem tijeku rasprave prikazat ćemo jedan jednostavni primjer kako bi razvili strategiju koja dopušta otkrivanje različitih uzoraka, odnosno modaliteta ponašanja u vremenskim nizovima dinamičkih varijabli.

Analiza determinističkih podataka

Pretpostavimo da srednja skala procjena (“termometar” procjena) između odgovora respondenata slijedi regularni longitudinalni ciklus tijekom cijele predizborne kampanje. Takav grafički prikaz projicira dvodimenzionalnu linearnu harmonijsku funkciju koja je centrirana na 50% između krajnjih vrijednosti bodova od 60% i 40% (Hale i Kojak, 1991). Funkcija je deterministička i periodična te sadržava longitudinalne cikluse s ekstremnim oscilacijama. U svrhu što bolje ilustracije, takva funkcija se može grafički prikazati u intervalu od jedne godine na hipotetičkim podacima:

Grafički prikaz br. 2



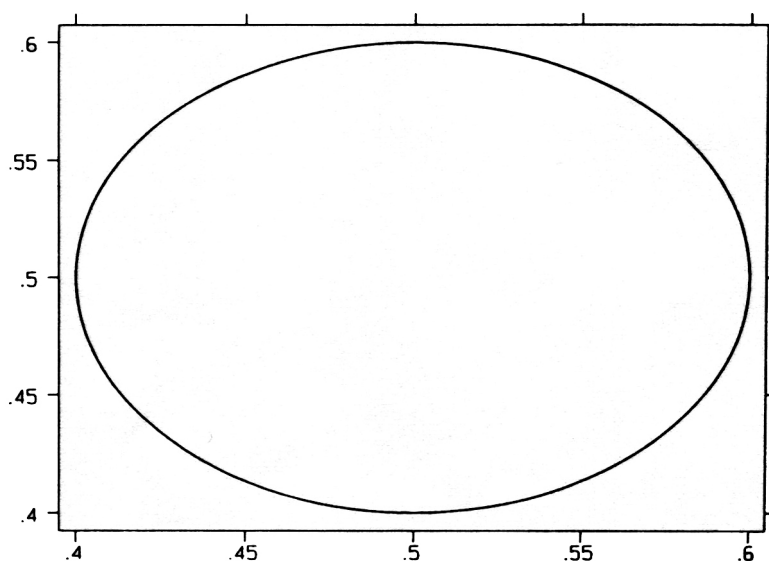
Jednadžba za ovu funkciju dana je u sljedećem obliku:

$$\begin{aligned}\Delta Y_t &= aY_t + bX_t \\ \Delta X_t &= cY_t + dX_t\end{aligned}$$

gdje su parametri $a = 0$; $b = 1,0$; $c = -1,0$ i $d = 0$; u vremenskom intervalu 1, 2, 3, ... 366.

Fazni opis ili portret pokazuje dugoročno ponašanje birača u vremenskim nizovima s ekvidistantnim intervalima. Fazni portret razvija asimptotsko ponašanje dinamičkog sustava. Ovakav grafički prikaz može se razviti iz vrijednosti dobivenih u prethodnoj jednadžbi. Prikaz sadržava elipsu, a ta elipsa je poznata kao oscilator. Oscilator je ekvilibrijsko rješenje koje se javlja kada neki dinamički sustav pokazuje jasno definirane cikličke promjene u vremenu (May, 1974). Sličan uzorak ponašanja birača možemo pratiti u kontekstu demokratskih izbora za predsjedničke kandidate 1984. u SAD-u (Hart i Mondale). Radi se eksplicitno o oscilatornom fenomenu koji se temelji na linearnom harmonijskom oscilatoru. Vremenskim razvojem (evolucijom) trajektorije će poprimiti kružnu putanju ili orbitu na novoj razini ekvilibrijuma koja se može prikazati pomoću trigonometrijske funkcije (elipse), što prikazuje sljedeći grafički prikaz:

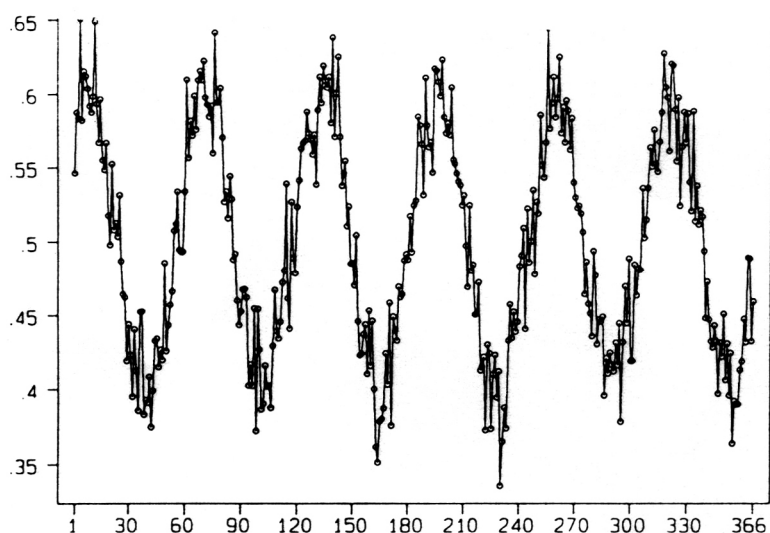
Grafički prikaz br. 3: Fazni portret srednje bodovne skale za dva predsjednička kandidata



Analiza nelinearnih podataka

Što se zbiva ako sustav postane nestabilan? Do neregularnosti u podacima može doći zbog pogrešaka u mjerenju, slučajnih varijacija u odgovorima, ili pak nepoznatih uzroka koje nazivamo rezidualnim faktorima. Sljedeći grafički prikaz pokazuje simulirane vremenske nizove srednjih bodovnih vrijednosti s nizom slučajnih varijacija u svakoj točki mjerenja.

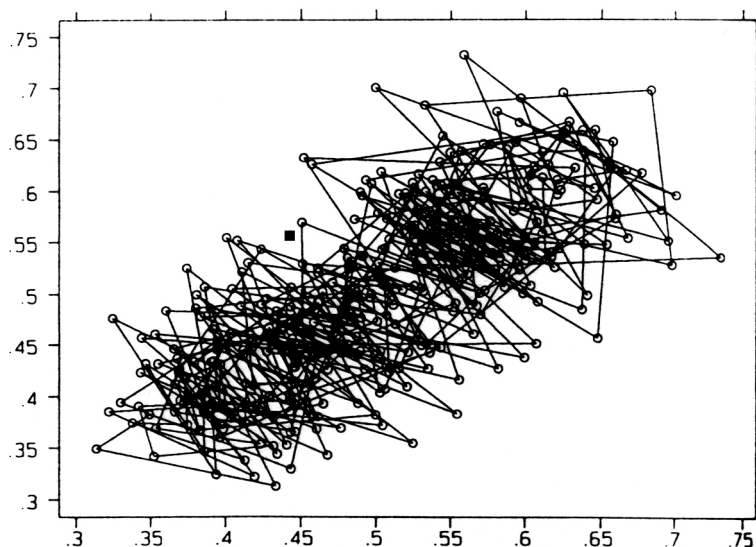
Grafički prikaz br. 4: Simulacija bodova sa slučajnom pogreškom za kandidata X



Inicijalna funkcija je, kao što vidimo, slična prvom dijelu prethodne jednadžbe, ali su dodane i slučajne pogreške u svakoj opservacijskoj točki u longitudinalnom vremenskom nizu. Slučajne komponente u tim nizovima su normalne ($\mu=0$, $\sigma=0,025$). Ako se postupak istraživanja faznog prostora (portreta) prihvati u proučavanju ponašanja vremenskog niza dinamičkih varijabli, tada se dobiva grafički prikaz u kojemu se varijabla Y_t stavlja u odnos prema varijabli Y_{t+1} . Premda je poznato da je prisutna tendencija prema ekvilibrijumu, jednostavne slučajne varijacije prikrivaju tu tendenciju kao što se vidi na sljedećem grafičkom prikazu.

Rješenje problema jest u primjeni tehnike koju je predložio Packard sa suradnicima (1980.). Oni su prikazali način kako se može otkriti neobični atraktor u vremenskim nizovima. Neobičan atraktor jest atraktor koji nije ciklički ili periodički, dakle ne teži ekvilibrijskoj točki, ali je stabilan u smislu da trajektorije dinamičkog sustava ostaju u neposrednoj blizini atraktorne točke. Atraktori nemaju normalnu zaobljenost krivulja, oni nisu ni eliptoidni ni cirkularni u faznom prostoru. Zbog svojega specifičnog oblika, dobili su naziv "čudni" ili "neobični" atraktori. Packard i suradnici opazili su da bilo koji vremenski nizovi sadržavaju sve informacije o tome kako se razvijaju neobični atraktori, bez obzira na to koliku količinu rezidualnih faktora sadržavaju (pogreške mjerenja ili neki drugi interferirajući faktori). Tako je moguće istodobno proučavati rezidualne vrijednosti u nizu i konstruirati fazni dijagram, baš kao i longitudinalne dinamičke multidimenzionalne vremenske serije. To omogućuje otkrivanje neobičnih atraktora, ali također i ekvilibrijskih ciklusa. Tehnički se ta operacija izvodi insertiranjem dvodimenzionalnog u višedimenzionalne prostore i određivanjem svih točaka na tom prostoru. Rezul-

Grafički prikaz br. 5: Fazni portret simuliranih bodova sa slučajnim varijacijama

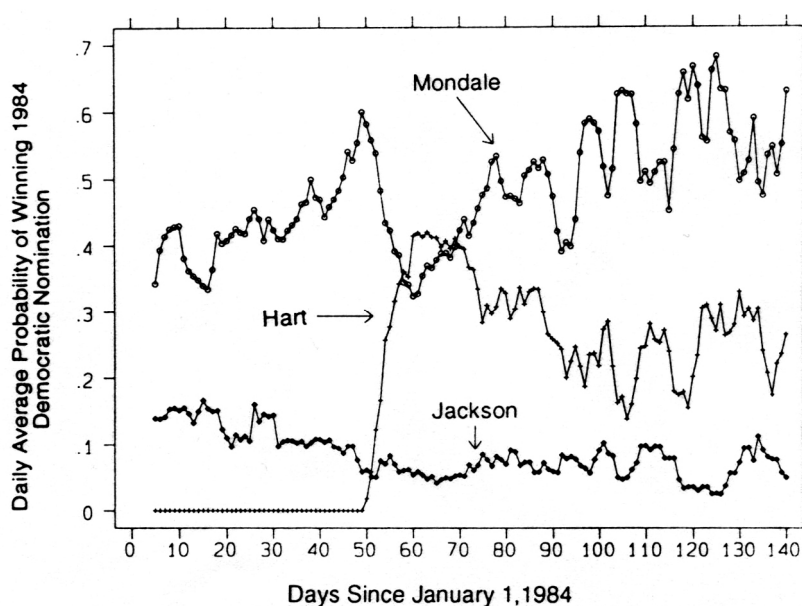


tat tog zahvata je fazni dijagram. Prigogine i Nicolis (1989) razvili su primjer jedne tehnike koja otkriva neobične atraktore pomoću korištenja rezidualnih struktura u trodimenzionalnom prostoru. Postupak za otkrivanje tih struktura je sljedeći: postupno se otkrivaju više razine promjena u strukturi koja se definira kao cijeli broj pomnožen s fiksnim zaostatkom τ ($\tau = m\Delta t$), gdje je m cijeli broj, a Δt je interval razlike faznog uzorka. Taj interval je $\Delta t = 1$, a odstupa od 1 samo u slučaju prisutnosti dinamičkih sustava koji se temelje na diferencijalnim jednadžbama. " m " je rastući indeks 1,2,3 ..., n . Ovaj proces vodi nizu diskretnih varijabli Y_t , Y_{t+1} , ..., Y_{t+n} . Nicolis i Prigogine ističu da se uz pravi izbor vrijednosti τ očekuje da varijable budu neautokorelirane, odnosno međusobno neovisne i to je sve što je potrebno da se definira fazni prostor kao glavna strategija u ispitivanju dinamičkih fenomena kao što je javno mnijenje. Sve te varijable izvode se iz pojedinačnih vremenskih nizova podataka. Postupak vodi razvoju eksperimentalnih vremenskih nizova koji omogućuju transformaciju jednodimenzionalnog, univarijatnog vremenskog niza u multidimenzionalni fazni prostor.

a) Vremenski nizovi u istraživanju javnoga mnijenja – Godine 1984. Centar za politološka istraživanja proveo je telefonsko anketno ispitivanje javnoga mnijenja na slučajnom uzorku koje je bilo longitudinalnog karaktera. Ova studija poznata je pod nazivom "Rolling Cross Section". Uzorak je bio reprezentativan, premda je sadržavao veliki postotak pogrešaka uzorkovanja (Allsop i Weisberg, 1988). U fokus analize uzeti su dijelovi upitnika koji sadržavaju odgovore respondenata nakon 11. siječnja i prije 12. lipnja 1984. godine. Respondenti su intervjuirani u vrijeme najžešće predizborne kampanje. Ispitanici su trebali procijeniti šanse pojedini

nih predsjedničkih kandidata na izborima te godine. Uzet je prosječni omjer individualnih odgovora prema određenim datumima. Kako bi se mogli otkriti specifični dinamički uzorci podataka iz vremenskih nizova, podaci su "poravnati" metodom pomičnih prosjeka. "Poravnavanje" vremenskih nizova koji sadržavaju nelinearne podatke dopušta vizualnu inspekciju i otkrivanje neobičnih uzoraka. No, poravnanje ili balansiranje podataka ne eliminira razinu "šuma" ili poremećaja u vremenskim nizovima. Fazni dijagram pokazuje tri različite vremenske putanje podataka koji se odnose na tri predsjednička kandidata. Fazni dijagram pokazuje da dinamika vremenskih nizova podataka nije ni regularna, ni oscilatorna, nego taj prikaz otkriva neobične atraktore koji dosta nalikuju na Lorenzove atraktore u području klimatološke dinamike (Lorenz, 1963.). Ti neobični atraktori otkriveni su jedino kod kaotičnih disipativnih sustava.

Grafički prikaz br. 6: Vjerojatnost pobjede jednoga od predsjedničkih kandidata 1984.



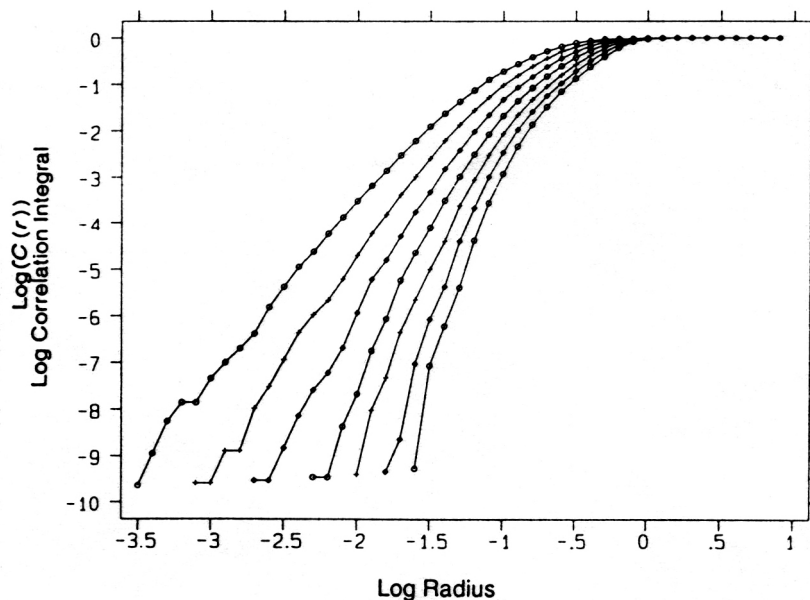
Identifikacija ovih struktura važna je u ispitivanju javnoga mnijenja, posebice za predviđanje budućih rezultata izbora, kao i za proučavanje promjena u javnom mnijenju tijekom jednog dužeg vremenskog perioda (Huckfeldt, 1990.). Kao što je poznato, Lorenzovi atraktori su neobični atraktori i Lorenzove jednadžbe otkrivaju karakteristike kaotičnog ponašanja. Kretanje putanja je krajnje neizvjesno, atraktori se zadržavaju u graničnim regijama faznog prostora i njihova dinamika osjetljiva je na početne uvjete (Lorenz, 1963). Krajnje neizvjesno kretanje trajektorija onemogućuje bilo kakve pouzdane predikcije vremenskih nizova, jer je teško od-

rediti koje će vrijednosti poprimiti parametri i idućem intervalu. Dinamičko ponašanje vremenskog niza definirano je u strogo određenim regijama faznog prostora. Senzibilitet na inicijalne uvjete ili fina osjetljivost na početne uvjete temeljno je svojstvo nelinearnih sustava. To se svojstvo može definirati eksponencijalnom bifurkacijom trajektorija, što praktički znači da se dvije susjedne točke, odabrane kao početne ili startne vrijednosti dinamičkih sustava, počinju odvajati eksponencijalnom brzinom za vrijeme iteracije sustava. Ako se pojavi taj fenomen tada tradicionalne prognostičke metode za ispitivanje raspoloženja javnoga mnijenja **u vezi s izborom jednog od predsjedničkih kandidata** postaju potpuno nepouzdana i dovode do pogrešnih predikcija. Ovaj problem može imati ozbiljne implikacije za metodologiju političkih znanosti i njezinu praktičnu primjenu.

b) Mjerenje dimenzija neobičnih atraktora – Ova analiza uzima u fokus vremenske nizove samo jednoga predsjedničkog kandidata (npr. Kosor), a ne i izborne rezultate koje su postigli ostali predsjednički kandidati u prvom izbornom krugu. Naime, poznato je da oblik atraktora u unidimenzionalnom prostoru poprima sasvim drugačiji oblik u multidimenzionalnim prostorima. Tako izborni rezultati dobiveni u jednom vremenskom nizu omogućuju analizu dinamičkih kretanja ostalih nizova. Da bi lakše shvatili predstojeću analitičku proceduru, potrebno je osvrnuti se na neke pojmove iz vektorske algebre. Primjerice, vrijednost Ξ predstavlja točku u faznom prostoru sa sljedećim koordinatama (Xot , $Xot-1$, $Xot-2$, ..., $Xot-n$). Analiza počinje s prvim parom točaka u jednodimenzionalnom i dvodimenzionalnom prostoru, nastavlja se preko trodimenzionalnoga, a završava u višedimenzionalnim faznim prostorima. Analiza obuhvaća, dakle, određeni subprostor u N -dimenzionalnom prostoru u kojemu se nalaze izvorni atraktori, a slijedi neposredno iz tzv. Takensova teorema (1980). Dimenzije određenog atraktora mogu se kvantificirati (mjeriti) na više načina, ali najbolje rezultate daje tehnika koju nazivamo **korelacijska dimenzija (D_c)**.

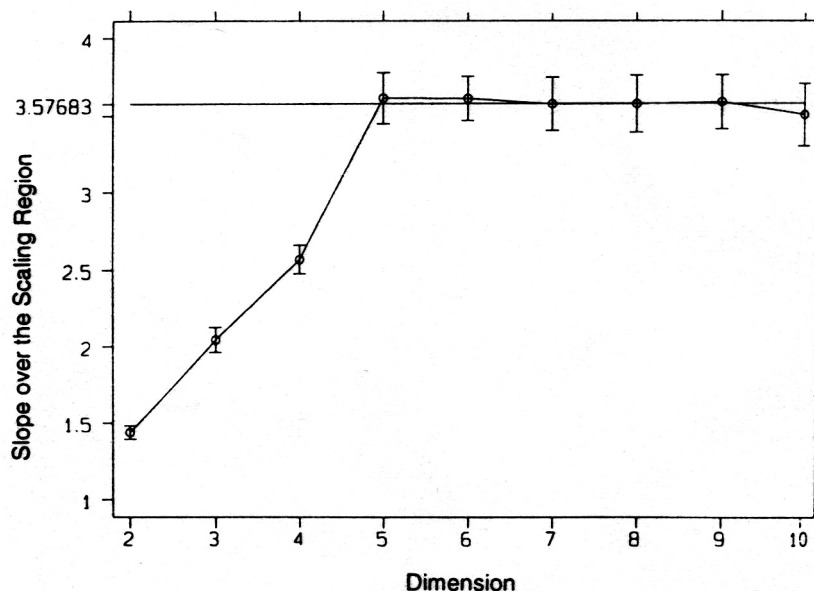
Tu dimenziju su uveli Grassberger i Procaccia (1993) i nazvali je još i **korelacijski integral**. Široko se primjenjuje u istraživanjima kojima su svojstvena proučavanja neobičnih atraktora s kaotičnim svojstvima. Korelacijski integral je koristan kvantifikator ako ne znamo točno dimenziju u kojoj se određeni atraktor nalazi. Da bismo definirali korelacijsku dimenziju, potrebno je promatrati razvoj trajektorija duže vrijeme (kroz jedan duži vremenski period). Tijekom promatranja prikupljaju se podaci koji određuju vrijednosti N -trajektornih točaka. Za svaku i -tu točku na trajektoriji izračunava se relativni broj trajektorne točke koja se nalazi na intervalu R . Taj se broj može odrediti kao $N_i(R)$. Nakon toga se određuje $\pi(R)$, što označava relativni broj točaka unutar intervala R , i -te točke; $\pi(R) = N_i/(N-1)$. Konačno, računa se korelacijski integral kao: $C(r) = \lim_{N \rightarrow \infty} 1/N^2 \sum \pi(R)$. Korelacijski integral može se, u slučaju vremenskog niza za predsjedničkog kandidata Jadranksu Kosor, grafički prikazati kao:

Grafički prikaz br. 7: Korelacijski integrali u slučaju vremenskog niza za J. Kosor



Nagib funkcije d iz gornje jednadžbe procjenjuje se primjenom bivarijatne regresijske analize različitih dimenzija iz intervalnog područja. Kada je funkcija d približno linearna, tada nam dopušta izvođenje zaključaka iz dimenzija atraktora. Nagib krivulje izračunava se za svaku dimenziju prema formuli $D(c) = \lim \log C(r)/\log R$. Ako nagib krivulje dostigne određenu točku saturacije, tada krivulja postaje paralelna s rastućom dimenzijom. Točka saturacije može se interpretirati kao atraktivna dimenzija. Kada sve krivulje padnu u jednu određenu točku saturacije, korelacijska integralna skala ravna se prema sljedećoj relaciji: $\ln C(r) = d \ln n$, gdje je n dimenzija na osnovi koje je izveden korelacijski integral. Očito je da se prisutnost neobičnih atraktora dobiva pomoću niza procjena vrijednosti d pod kutom od 45° . Sljedeći grafički prikaz ilustrira nagib krivulje od druge do desete dimenzije (niza) u faznom dijagramu, što se odnosi na dane opservacije u slučaju predsjedničkog kandidata Jadranke Kosor. Dijagram prikazuje opseg standardne pogreške kod procjene nagiba. Nagib krivulje se "poravnava" nakon pete dimenzije. Horizontalna crta je provučena kroz saturacijske vrijednosti i približno iznosi 3,58. To je ujedno i dimenzija atraktora.

Grafički prikaz br. 8: Nagib krivulje u slučaju vremenskog niza za J. Kosor



Inspekcijom grafičkog prikaza moguće je izvesti dva zaključka:

1. dinamika krivulje upravlja se nelinearnim procesima;
2. identificirani atraktor je “neobični” atraktor, što otkriva kaos manjih dimenzija u biračkom korpusu.

Dakle, vremenski nizovi dinamičkih varijabli imaju fraktalnu strukturu i mogu biti kaotični. Na to upozorava dimenzija atraktora koja se nalazi između brojke 3 i 4 i nije cijeli, nego decimalni broj. Vremenski nizovi dinamičkih varijabli i identificirani neobični atraktor zahtijevaju potpuno drugačije tumačenje dinamike čitavog tijeka predsjedničke predizborne kampanje. Nažalost, do sada ima premalo empirijskih istraživanja izbornih studija koja bi otkrila koje to varijable izazivaju modeliranje takvog dinamičkog ponašanja javnoga mnijenja. Doduše, primijenjene su neke prognostičke studije tipa “Monte Carlo simulacije”, ali s vrlo ograničenim uspjehom. Recentni naponi čine se u smjeru otkrivanja funkcionalne forme originalnih nelinearnih diferencijalnih jednadžbi.

c) Ljapunovljevi eksponenti i prisutnost kaotične dinamike – Iskustvena evidencija i dokumentacija prikupljena od različitih instituta i agencija za ispitivanje javnoga mnijenja, otkriva da agregatni vremenski nizovi koji nastaju ispitivanjem biračkog korpusa tijekom predizborne kampanje i predsjedničkih izbora, mogu u velikoj mjeri biti kaotični. Kao što je poznato, potvrda kaotične dinamike zahtjeva barem jedan pozitivan Ljapunovljev eksponent u faznom prostoru. Taj je eksponent jedan od najvažnijih indikatora ili kvantifikatora kaotičnog ponašanja nekog sustava. On mjeri opseg divergencije ili konvergencije susjednih trajektorijskih točaka tijekom evolucije dinamičkog sustava. Postavlja se pitanje kako ovu te-

hniku primijeniti na konstrukciju vremenskih nizova koji se odnose na ispitivanje javnoga mnijenja?

Kao što smo vidjeli korelacijski integral otkriva dimenzije atraktora u slučaju vremenskih nizova za predsjedničkog kandidata J. Kosor. On se nalazi između 3. i 4. dimenzije i nije cijeli broj. Ovaj nam indikator koristi za izračunavanje Ljapunovljeva eksponenta određivanjem magnitude eksponenata u razvoju vremenskog niza. Konstruirani vremenski nizovi temelje se na podacima dobivenima iz dnevnog tiska. U ovom slučaju korištene su tehnike koje uključuju proračun logističkih, Rösslerovih i Lorenzovih jednadžbi te konstrukciju Henonovih ili logističkih mapa (McBurnett, 1991). Ako su vremenski nizovi kaotični, očekuje se da će svi izračunati Ljapunovljevi eksponenti, prema vremenskom evolucijskom algoritmu, biti pozitivni. Te rezultate pokazuje sljedeća tablica.

Tablica br.1: Ljapunovljevi eksponenti za vremenske nizove J. Kosor

Vremenski razvoj	Ljapunovljev eksponent (3)	Ljapunovljev eksponent (4)
2	0,1739	0,1255
3	0,1722	0,1350
4	0,1837	0,1202
5	0,1150	0,0871
6	0,1096	0,0833
7	0,0633	0,0826
8	0,0549	0,0493
9	0,0806	0,0445
10	0,0683	0,0862

Kao što vidimo iz tablice sve procjene Ljapunovljevih eksponenata premašuju nulu, što nas navodi na zaključak da su vremenski nizovi kaotični. Ovakav podatak upozorava na činjenicu da je razvoj javnoga mnijenja tijekom predizborne predsjedničke kampanje iznimno osjetljiv na početne uvjete. U rezultatima iz gornje tablice, vidimo da se promjene u javnom mnijenju, odnosno u biračkom korpusu zbivaju na dramatičan način, što se vidi iz prethodnih grafičkih prikaza. U ovom slučaju Ljapunovljevi eksponenti interpretiraju se kao smanjenje ili gubitak prediktivne moći mjerenja kod longitudinalnih vremenskih nizova, kada se radi o iterativnim mjerenjima. Veći eksponent znači manju prognostičku moć mjerenja i obrnuto. Kako su eksponenti u vremenskim nizovima J. Kosor relativno mali, gubi se manja količina informacija prilikom iteracija tako da takvi rezultati dopuštaju dugoročne prognoze s velikom točnošću.

d) Matematičko izvođenje Ljapunovljevih eksponenata:

1. Postavimo vremensku evolucijsku jednadžbu:

$$X = f(x) \quad (1.1.)$$

2. Kada je točka X blizu točke X_0 primjenjuje se Taylorov niz

$$f(x) = f(x_0) + \frac{df(x)|_{x_0}}{dx}(x - x_0) + \dots \quad (1.2.)$$

3. Sada pokušavamo pronaći stopu promjena udaljenosti između dvije trajektorije u obliku:

$$s = x - x_0 = f(x) - f(x_0) = \frac{df|_{x_0}}{dx}(x - x_0) \quad (1.3.)$$

4. Derivacijom Taylorovih vremenskih nizova $f(x)$, očekuje se da će divergencije između trajektorija rasti eksponencijalnom brzinom u vremenu (t). Zbog toga uvodimo Ljapunovljev karakteristični eksponent λ :

$$s(t) = s(t=0) e^{\lambda t} \quad (1.4.)$$

5. Izračunati diferencijal za jednadžbu (1.4) u odnosu na vrijeme daje:

$$s = \lambda s(t=0) e^{\lambda t} \quad (1.5.)$$

6. Usporedbom jednadžbi (1.4.) i (1.5.) izvodi se Ljapunovljev eksponent:

$$\lambda = \frac{df(x)|_{x_0}}{dx} \quad (1.6.)$$

7. U trodimenzionalnom faznom prostoru ($k=3$) postoje tri lokalna λ_i :

$$\lambda_1 = \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \quad (1.7a.)$$

$$\lambda_2 = \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \quad (1.7b.)$$

$$\lambda_3 = \frac{\partial f_3}{\partial x_3} \quad (1.7c.)$$

Rasprava i zaključak

Kao što vidimo, u tijeku predizborne predsjedničke kampanje mogu se dogoditi radikalne i vrlo dramatične promjene koje ovise o više faktora. Što se iz ovoga može zaključiti? Na osnovi nekoliko linearnih modela koji se temelje na jednostavnim dinamičkim modelima, mogu se izvesti neke vrlo grube generalizacije.

Prva dva regresijska modela pokazuju da se jednostavnim linearnim metodama ne može obuhvatiti bogata dinamika izbornih procesa u prethodnoj predsjedničkoj kampanji. Ostali alternativni modeli u koje ubrajamo korelacijski integral i Ljapunovljeve eksponente, ukazuju na prisutnost nelinearne dinamike koja upravlja izbornim procesima. Prisutnost pozitivnih Ljapunovljevih eksponenata verifikacijski su test kaotične dinamike u vremenskim nizovima. No, kaotična dinamika povezana je i s determinističkim vremenskim nizovima, što nije čudno. Naime, mnogi longitudinalni vremenski nizovi, primjerice u području ekonomije (Kondratovljevi valovi) ukazuju na prisutnost cikličke komponente koja ima periodički karakter i kreće se prema ekvilibrijumu. Čak te cikličke oscilacije koje se očituju u izmjeni ekonomskog prosperiteta i depresije više utječu na ponašanje longitudinalnog vremenskog niza nego rezidualni, stohastični faktori. Zato kombinacija različitih tehnika ili triangulacijska perspektiva olakšava izgradnju jedinstvenoga prognostičkog modela. Osim toga kaos je potvrđen u mnogim istraživanjima izvan prirodnih znanosti, pa istraživanja kaosa i nelinearne dinamike ne moraju biti nužno predmetom interesa fizike i matematike. Postavlja se pitanje: U kojim područjima politolozi mogu istraživati fenomen kaosa? Odgovor glasi: Gdje god se pojavljuju istraživanja vremenskih nizova postoji mogućnost da su temeljne diferencijalne jednadžbe – nelinearne. Primjerice, ispitivanje javnoga mnijenja tijekom predizborne ili predsjedničke kampanje gotovo uvijek sadržava nelinearne dinamičke procese. Zato je istraživanje temeljnih nelinearnih diferencijalnih jednadžbi dinamičkih kretanja koja upravljaju ponašanjima disipativnih sustava – područje intenzivnih istraživačkih aktivnosti u mnogim područjima društvenih znanosti. Na temelju svega **toga** postavlja se pitanje održivosti, valjanosti, pouzdanosti i prognostičke vrijednosti determinističkih modela kao istraživačkih postupaka u mnogim područjima gdje vladaju nelinearni procesi. Tehnike koje su opisane i korištene u ovom članku jednostavne su za primjenu te zahtijevaju subjektivnu interpretaciju rezultata, pri čemu nije potrebno veliko apriorno znanje o strukturi dinamičkih procesa koji su bili predmetom našeg istraživanja. Rezultati ovih istraživanja mogu se koristiti u budućim analizama sličnih vremenskih nizova. Na temelju ovog istraživanja i praćenjem mnogih drugih meta-analitičkih studija, smatramo da se mnogi deterministički modeli mogu kompletirati dubljim razumijevanjem i promišljanjem nelinearne dinamike koja perzistira u mnogim socijalnim i političkim fenomenima.

LITERATURA:

- Allsop, D., and H. Weisberg. (1988) "Measuring Change in Party Identification in an Election Campaign", *American Journal of Political Science* 32:996-1017.
- Brown, T. (1988) *Migration and Politics: The Impact of Population Mobility on American Voting Behavior*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Downs, A. (1997) *An Economic Theory of Democracy*. New York: Harper and Row.
- Grassberger, P., and I. Procaccia (1983) "Measuring the Strangeness of Strange Attractors". *Physica D* 9:189-208.
- Hale, J., and H. Kojak (1991) *Dynamics and Bifurcations*. New York: Springer-Verlag.
- Huckfeldt, R., and J. Sprague (1993) "Citizens, Contexts, and Politics. In *Political Science: The State of the Discipline*, ed. A. Finifter. Washington, DC: The American Political Science Association.
- Kasapović, M. (1996) *Demokratska tranzicija i političke stranke*. Zagreb: Fakultet političkih znanosti
- Lamza-Posavec, V. (1995) *Javno mnijenje. Teorija i istraživanje*. Zagreb: Alinea.
- Lipset, S.M. and S. Rokkan (1967) *Cleavage Structures, Party Systems, and Voter Alignments: An Introduction*. New York: The Free Press.
- May, R.M. (1992) "Discussion on the Meeting on Chaos". *Journal of the Royal Statistical Society* 54:451-52.
- McBurnett, M. (1991) "The Dynamics of Voter Preference in Primary Campaigns". *Paper presented at the 49th Annual Meeting of the Midwest Political Association*, Chicago.
- Nicolis, G., and Prigogine (1989) *Exploring Complexity: An Introduction*. New York: W. h. Freeman.
- Packard, N., J.P. Crutchfield, J.D. Farmer, and R. Shaw (1980) "Geometry from a Time Series". *Physical Review Letters* 45: 712-16.
- Takens, F. (1980) "Detecting Strange Attractors in Turbulence". In *Lecture Notes in Mathematical Systems 898: Dynamical Systems and Turbulence*, ed. A. Dold and B. Eckmann. New York: Springer-Verlag.

Aleksandar Halmi

**Implementation of Chaos Theory and Complexity to
Public Opinion Auditing during 2005 Presidential
Electoral Campaign in Croatia**

SUMMARY

Several socio-political phenomena by nature are not static. Electoral campaigns, presidential elections, public opinion forming, uncontrolled spreading of the international terrorism and similar processes are basically dynamic. However, many researchers study these phenomena using the traditional research methods such as polling, regression models, retrospective and transversal studies etc. Unfortunately, the development of methods for analyzing changes was a great deal slower than the development of other methods for data analyzing and testing statistical hypotheses. In the article, the author is trying to implement new methods in analyzing the alleged dynamic changes, primarily those which are in relation with the public opinion auditing during the presidential electoral campaign.

Key words: graphic and spectral analysis, correlation integral, Ljapunovljev's exponents, presidential elections, public opinion, electoral studies