

Szakdolgozat

Debrecen

2010

Debreceni Egyetem

Magyar Tudományos Akadémia Konkoly Thege Miklós
Csillagászati Kutató Intézetének Napfizikai Observatóriuma

A nap aktív hosszúságainak statisztikai vizsgálata

Készítette: Gyenge Norbert
fizikatanár

Témavezető: Dr. Ludmány András

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretném megköszönni -témavezetőmnek- Ludmány Andrásnak a sok segítséget, aki nélkül ez a dolgozat nem születhetett volna meg. Szeretném megköszönni Baranyi Tündének a sok hasznos tanácsot, amelyet kaptam tőle. Végül családomnak, akik megteremtették a kellő otthoni nyugalmat a dolgozat megírásához.

Tartalomjegyzék

Témaválasztás indoklása.....	7
Bevezető.....	8
Naptevékenység.....	10
Napfolt	10
Fáklya.....	10
Protuberancia.....	10
Fler.....	11
CME.....	11
Hale-szabály.....	12
Spörer szabály.....	12
Napciklus.....	13
Napfoltok.....	14
Napfoltokról általánosan.....	14
A Napfoltjelenség magyarázata.....	15
A Napfoltok élete.....	15
Napfoltcsoportok.....	16
A dinamikus Nap.....	17
A Napdinamó modellek.....	17
Az α - Ω dinamó.....	17
Asztrofizikai dinamók aszimmetriái.....	19
Cowling-tétel.....	19
Időbeli eltérés.....	19
Térbeli eltérés.....	20

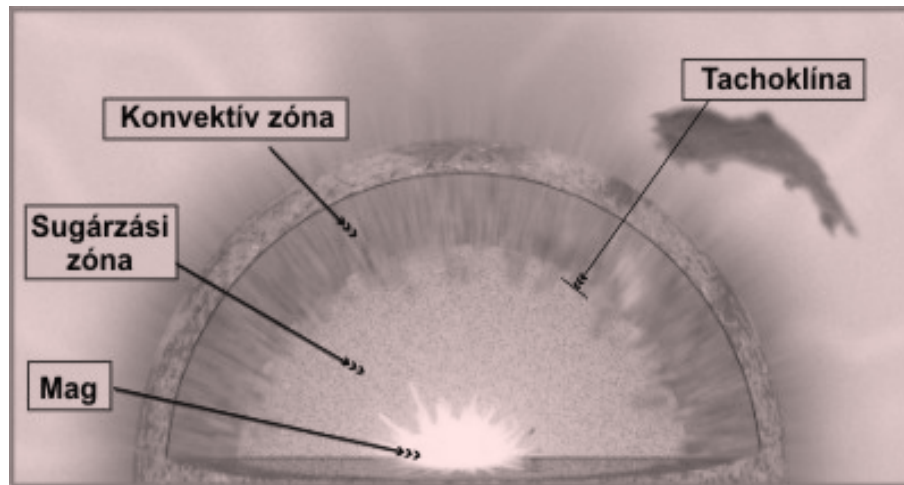
Napfoltadatbázisok.....	21
A DPD katalógus előzőmenyei.....	21
A DPD katalógus.....	21
Adatfeldolgozás.....	24
Vizsgálati cél.....	27
Tisztogatási eljárásokat.....	30
A vizsgálat eredményei.....	32
Összefoglalás.....	34
Irodalomjegyzék.....	35
Képjegyzék.....	37
Függelék.....	38

Témaválasztás indoklása

A Nap mindennapi életünk része és annak elengedhetetlen feltétele. A csillagászok számára azért különleges e csillag, mert közelsége lehetővé teszi részletes tanulmányozását. Amíg más csillagokat – melyek számunkra szabad szemmel pontszerűnek tűnnek – csak komoly technológiai eszközökkel tudunk megfigyelni, addig a Napon történő „apró” jelenségek vizsgálata sokkal egyszerűbb. Ezért minden más csillagnál nagyobb részletességgel tanulmányozhatjuk a felépítését, észlelhetjük a különböző tevékenységeit. Bármely csillagmodell első próbájaként a Nap leírása szerepel, mert ezt a csillagot ismerjük legjobban. Közelsége miatt meg tudjuk figyelni a felszínközeli rétegekben zajló mágnesestér-változásokat, a naptevékenység jelenségeit, melyből következtetni lehet a Nap belsejében működő mágneses dinamóra, azaz a nap mágneses terének változásaira. A szakdolgozat keretén belül ezt a mágneses dinamót fogom vizsgálni, azonban előtte elengedhetetlen néhány alapfogalmat ismertetni.

Bevezetés

A csillagászok évszázadokig tanulmányozták a Napot, és állapították meg belső szerkezetét, melyben három tartomány különíthető el egymástól: a Nap középpontjában a hőmérséklet kb. 15 millió Kelvin. Ez a *mag*, itt termelődik az energia, a hidrogénatommagok egyesülnek héliumatommagokká, a reakció során energia szabadul fel, biztosítva az energiatermelést. A következő szerkezeti egység a *sugárzási zóna*. Kifelé haladva csökken a hőmérséklet, nyomás és sűrűség. Tovább haladva kifelé, a sugár 71%-ánál egy újabb réteghez, a *konvektív zónához* jutunk el. Ebben a zónában a fizikai tulajdonságok már úgy változnak, hogy konvektív instabilitás lép fel. Ha egy gázcsomó kicsit is elmozdul felfelé, akkor a hőmérséklete is csökken, de még mindig melegebb marad, mint a környezete, emiatt tovább mozog felfelé.



1. ábra: A Nap belső szerkezete

Ugyanez a helyzet a lefelé való mozgásnál is. Emiatt a konvektív zónában állandó keveredés, fortyogás zajlik, hasonló mozgások, mint a forrásban lévő vízben. Ilyen módon az energia a konvektív zónában már gyorsan a felszínre jut: a forróbb gáz a felszínre emelkedik, kisugározza energiáját, eközben lehűl, sűrűbbé válik és lesüllyed.

Eközben eljutottunk a Nap felszínére, a fotoszférába. A Nap felszínének azt nevezzük, ameddig le tudunk látni légkörén keresztül. A fotoszférában számos érdekes jelenséget megfigyelhetünk már egy egyszerű távcső segítségével is. A megfigyelhető jelenségek: sötét napfoltok, fényes fáklyák, granulák, illetve szupergranulák. Ezeknek a jelenségeknek a gyűjtőfogalmát naptevékenységnek hívjuk. A mágneses dinamó vizsgálatára a napfoltok megjelenésének helyeiből fogok következtetni. Számomra a fotoszféra éppen ezért fontos, erre a rétegre fókuszálva tanulmányozhatjuk egyben a nap belső működését.

Itt nem ér véget a Nap légköre, viszont a felette lévő két rétegen - a kromoszférán és a napkoronán - általában keresztüllátunk. Szakdolgozatom szempontjából ezeknek a rétegeknek a későbbiekben nincs szerepe, csak a fotoszférával foglalkozom.

A továbbiakban ismertetem a fotoszféra jellemzőit, jelenségeit. Ezután ismertetem azt az eljárást, amely segítségével felhasználtam a napfolt-adatokat, annak érdekében, hogy következtetni tudjunk a mágneses dinamóra.

Naptevékenység

A naptevékenység a Napon működő sebesség- és mágneses terek kölcsönhatásai. Mivel a Nap anyaga plazma ezért jelentős része töltött részecskékből áll. A töltött részecskék mozgásai a Maxwell-egyenletek szerint mágneses tereket keltenek, amelyek visszahatnak a részecskék mozgására. Azokat a területeket, ahol a Napot valamely naptevékenység jellemezi aktív vidéknek nevezzük. Az aktív vidéken zajló jelenségek mind következtetni engednek a felszín alatti mágneses tér változásra, mozgására. Ezért az aktív vidékek megjelenési helye oda tehető, ahol a Nap felszíne alatt erős mágneses fluxuskötegek tolnak a felszín felé. Az ezen a ponton kialakuló adott naptevékenység élettartama változó: a pillanatnyi flarektól kezdve a több hónapokig élő foltcsoportokig terjed. A tevékenység területbeli eloszlása is nagy szórást mutat: két nagyságrendet is felölelő intervallumról van szó, megaméteres nagyság körül.

A naptevékenység fontosabb jelenségei a következők:

Napfoltok:

Fotoszférában sötétebb területek. Jelen szakdolgozat szempontjából a napfoltok hosszúságbeli elrendeződését fogom felhasználni arra, hogy következtetni tudjak a felszín alatti mágneses terekre, ezáltal a szoláris dinamóra. Ezért fontosságuk miatt később részletes tárgyalásra kerülnek.

Fáklya:

Azok a mágneses fluxuscövek, melyek nem alkotnak nagy fluxussűrűségű napfoltokat, a fotoszférikus áramlások hatására laza halmazokba állnak össze az úgynevezett szupergranulációs cellák határai mentén. Ezek környezetüknél világosabb területek a fotoszférában.

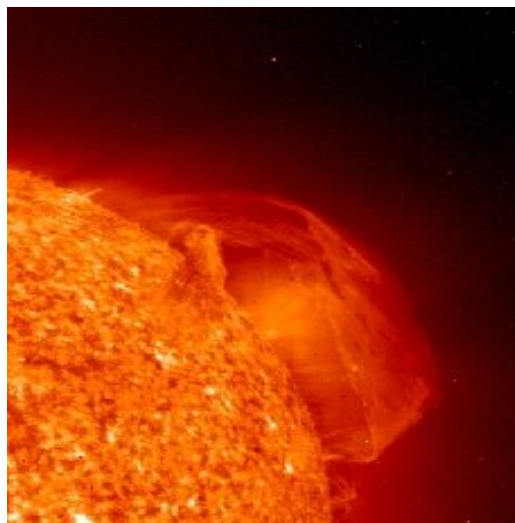
Protuberancia:

Hídszerű alakzat a koronában, amely leggyakrabban a hidrogén H-alfa vonalában figyelhető meg. A mágneses tér a nem túl nagy sebességű plazmát képes megtartani. Ez a fénylő plazma láthatóvá teszi a mágneses teret. A protuberanciák általában nyugodt alakzatok, akár hetekig is élhetnek.

Fler:

Hirtelen, erős kifényesedés a légkörben, azaz napkitörés. A jelenség oka egy adott aktív vidék feletti olyan instabil mágneses konfiguráció, mely rövid idő alatt egy stabilabb formációba megy át. A naptevékenység egyik leglátványosabb jelensége és egyben a legerősebb földi hatásokkal rendelkező megnyilvánulása. A flerekre vonatkozó elméletek jelenlegi elképzelései szerint az ellentétes mágneses terek találkozásánál - valahol fent a napkoronában - egy instabilitás

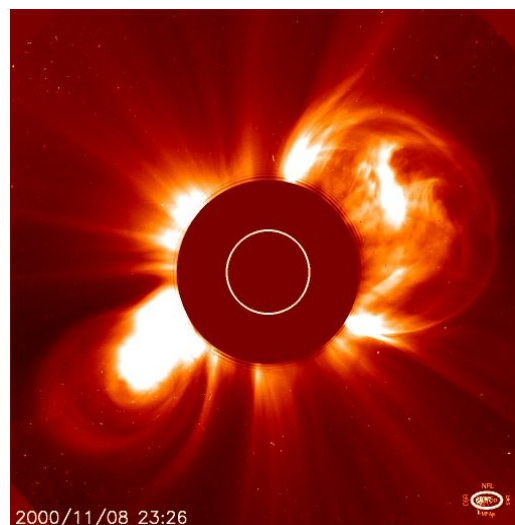
alakul ki, ahol az ellentétes irányú mágneses terek megsemmisítik egymást, és a folyamat során felszabaduló energia pedig az adott térrészben lévő töltött részecskék, protonok és elektronok mozgási energiájává alakul át. A 2. ábra a SOHO űrobszervatórium észlelése.



2. ábra: Napkitörés (SOHO észlelés)

Cme (korona-anyagkidobódás): A flerek folyamán végbement erővonal-átrendeződéseknek olyan következménye is lehet, hogy az aktív vidék fölötti mágneses fluxuskötegek elszakadnak a felszínhez közeli részeiktől és szabaddá válva óriásira fúvódnak fel, majd nagy sebességgel eltávoznak a Naptól. A felfúvódásnak az az oka, hogy az elszakadás után a fluxuskötegekben uralkodó mágneses nyomással és az erővonalak görbültsége miatti feszültséggel immár semmi nem tart

egyensúlyt. Az alakzat egy olyan gigantikus buborékként képzelhető el, melynek összetartó ereje nem a felületi feszültség, hanem a mágneses tér. Egy átlagos CME-vel kidobott anyag tömege kb. egymilliárd tonna lehet (a nyugodt Nap ennyit bocsát ki a napszél révén kb. negyedóra alatt), sebessége 20 km/s-től 1200 km/s-ig terjedhet. A 3. ábra a SOHO űrobszervatórium észlelése.



3. ábra: CME (SOHO észlelés)

Hale-szabály:

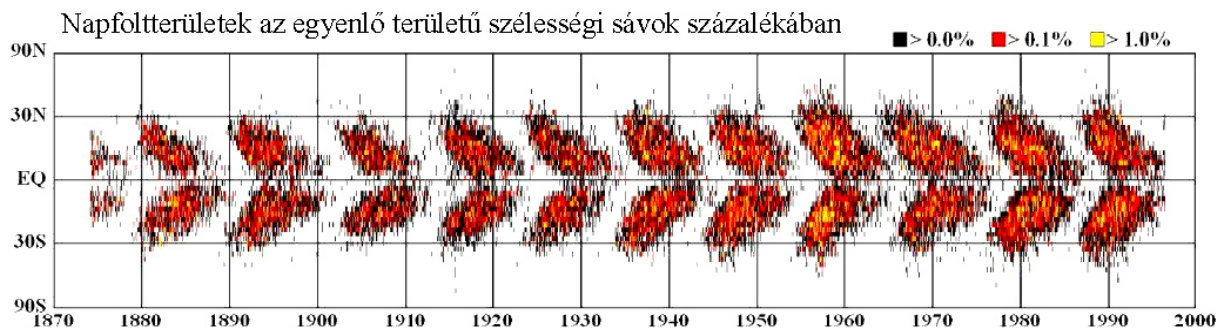
A naptevékenységre (jelen esetben leginkább napfolt) vonatkozó empirikus felismerések összefoglalása. A Hale-szabály inkább szabálycsoport, a naptevékenység egyik legfontosabb empirikus törvénye. A foltoknak mágneses terük és polaritásuk is van, erre vonatkozóan 3 szabály fogalmazódik meg.

- 1.) A foltcsoportok vezető és követő része ellentétes polaritású foltokat tartalmaz.
- 2.) Egy adott ciklusban az egyik félgömbön mindig egy adott polaritás a vezető.
- 3.) A következő 11 éves ciklusban az említett polaritásviszonyok megfordulnak.

Így jön létre a Hale-ciklus, avagy a 22 éves mágneses ciklus.

Spörer-szabály:

Az aktív vidékek átlagos szélessége a napciklus során egyre csökken és a ciklus végére az egyenlítő közelébe ér.

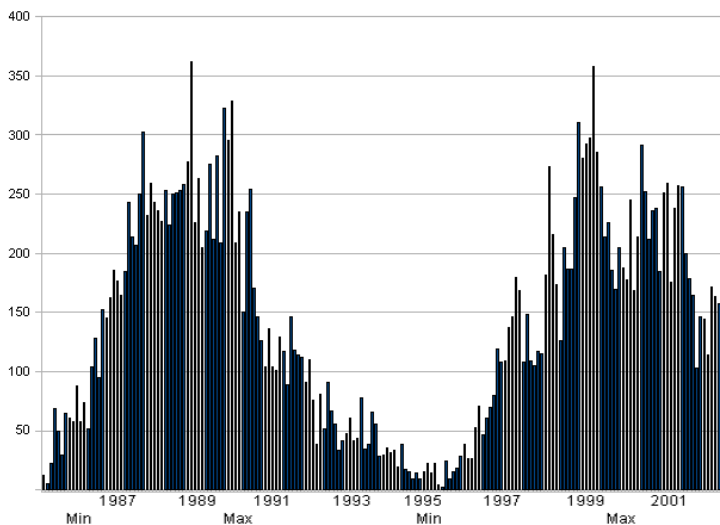


4. ábra: Pillangó diagram

A negyedik ábrán 1870-es évektől követhetjük végig a napfoltterületek szélességbeli eloszlását 2000-ig. Jól látható, hogy az aktív vidékek az adott cikluson belül közelednek az egyenlítő felé, majd a következő ciklusban ismét egy magasabb szélességi kör felől indulnak. A minimum után az új ciklus foltjainak előfordulási helye a $\pm 30^\circ - 40^\circ$ közötti heliografikus szélességeken van (a Nap felszínéhez a földiéhez hasonló koordinátahálózat rendelhető).

Napciklus:

A napfoltok megjelenésének időbeli gyakorisága nem egyenletes. Bizonyos időközönként -körülbelül 11év-maximumot mutat. A ciklus maximumában számos napfolt figyelhető meg. Ekkor keletkeznek a leghosszabb élettartamú és legnagyobb területű foltcsoportok. A közbeeső minimum-időszakban



5. ábra: Napfoltszám-idő

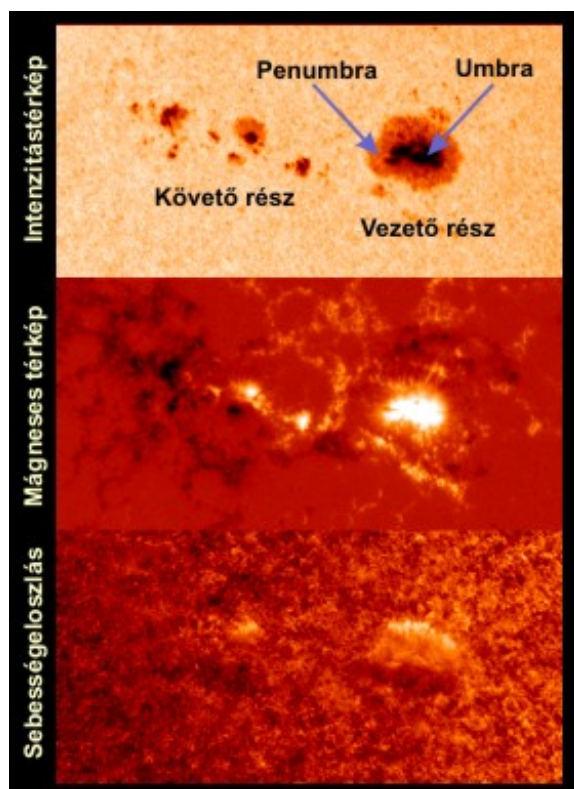
a foltcsoportok, foltok száma jóval kisebb, területük, élettartamuk jóval alulmarad a maximumhoz képest. Sőt előfordulhat, hogy akár hetekig nem keletkeznek napfoltok. A napfoltok mellett egy sor egyéb napjelenség is hasonló változást mutat. A 3. ábra a DPD katalógusból kinyert adatok alapján ábrázolja a napciklust 1986-2001-es időintervallumban. A relatív napfoltszám segítségével mennyiségként tekintünk a foltokra, más tulajdonságait (mágneses tér, terület, pozíció) figyelmen kívül hagyva. Ezeket az adatokat ábrázoltam az idő függvényében. Jól látható a két kimagasló csúcs, amely a 22. és 23. napciklus maximuma.

A szakdolgozatom szempontjából tárgyalásra kell kerülnie a napfoltoknak, a napciklusoknak és a Hale-szabálynak. Az egyéb jelenségeket csak a teljesség kedvéért említem meg. Fontos azonban kiemelni, hogy ezeknek a jelenségeknek az oka azonos: a Nap felszíne alatt állandóan változó mágneses tér. Az ez által okozott megnyilvánulások olyan megfigyelhető jelenségek, amelyek segítségével megállapításokat tehetünk a Nap dinamó modelljére. A napfoltok vizsgálata kézenfekvő, hiszen ezekből áll rendelkezésre részletes és időben kellő hosszúságú adatbázis.

Napfoltok

Napfoltokról általánosan

A napfoltok a naptevékenység megnyilvánulásai közül az egyik legrégebb óta ismert jelenség. Már az 1600-as években Galilei távcsővel észlelte őket, sőt a nagyobb napfoltok (természetesen a megfelelő védelemmel) szabad szemmel is észrevehetők. Többen is írnak a Napon látható sötét területekről, közülük Galilei volt az, aki megfigyelései alapján bebizonyította, hogy a foltok valóban a Nap felületén találhatók, és vele együtt forognak, nem pedig előtte elvonuló apró bolygók. Azok a foltok, amelyek elérnek egy bizonyos területet jól megfigyelhető struktúrával rendelkeznek. Egy belső sötétebb rész az umbra, a külső fél-sötét pedig a penumbra. A penumbra nélküli napfoltok neve pórus. A napfoltok megjelenése helyén erős mágneses terek vannak a fotoszférában, ahol a térerősség elérheti a 3000 Gauss értéket. A foltok legtöbbször csoportokban jelennek meg, melyek szabályos esetben két, ránézésre is jól elkülöníthető részcsoportha oszthatók. A két részcsoporthat összekötő szakasz közelítőleg a rotáció érintőjének (a kerületi sebesség vektorának) irányába esik, ezért az elől haladó részt vezető-, a másikat pedig követő résznek nevezzük. A foltcsoportok élettartama az egynapostól a néhány (maximum kb. négy) hónapig terjedhet. A foltok területbeli eloszlása változatos, egy átlagos napfolt mérete összemérhető a Földével, alakjuk többnyire körszerű, de gyakoriak a szabálytalan alakú és szerkezetű foltok is. A 6. ábra felső harmada a látható fény tartományában készült észlelés. Jól



6. ábra: Napfolt

megkülönböztethető az umbra és penumbra. Az ábra középső részén a mágneses terek alakulása látható. Fehér színnel az északi, fekete színnel a déli pólus van jelölve.

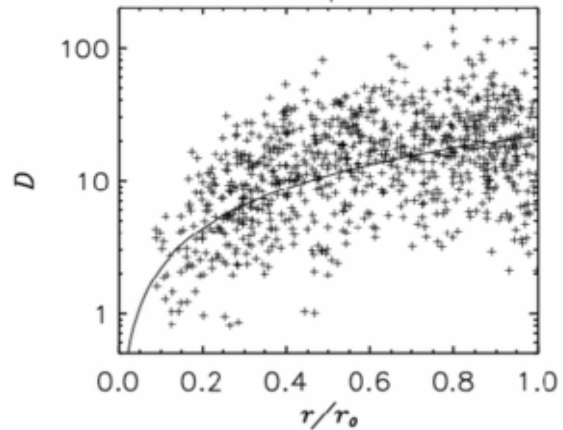
A napfoltjelenség magyarázata

A napfoltoknál lévő erős mágneses fluxus meggátolja a Napban termelődő energia-konvektív áramlások útján történő kiszállítását. Ennek következtében a csőben a gáz lehűl, a lehűlt gáz összezsugorodik, ezért a csőben a Nap felszíne a környezethez képest mélyebbre kerül. A napfolt tehát voltaképpen egy hideg „gödör” a Nap felszínén.

A napfoltok élete

A napfoltok élettartama változatos. Megjelenését követően egy néhány napos területnövekedési szakasz következik. Egy maximális terület elérése után a folt ismét zsugorodni kezd, mígnem lassan eltűnik. A növekedési szakasz csak pár napos, addig a bomlás több hónapig eltarthat, jóval hosszabb folyamat.

A 7. ábra a napfoltok bomlási üteme és sugara közötti összefüggést mutatja a debreceni Napfizikai Observatórium adatai alapján. A folytonos görbe a turbulens eróziós modell jóslata. A foltok miután elérték maximális területüket egy lassú bomlási folyamaton mennek keresztül. Ez a folyamat a turbulens erózióval magyarázható, a mágneses erővonal-kötegekből a környező granulációs mozgások kis darabokat „harapdálnak le”.



7. ábra: A napfoltok bomlási üteme és sugara

A területcsökkenés mértéke a következő formulával írható le (Petrovay & Moreno-Insertis 1997):

$$D \equiv -\dot{A} = C_D \sqrt{\frac{A}{A_0}}$$

-ahol „ A ” a napfolt területe,

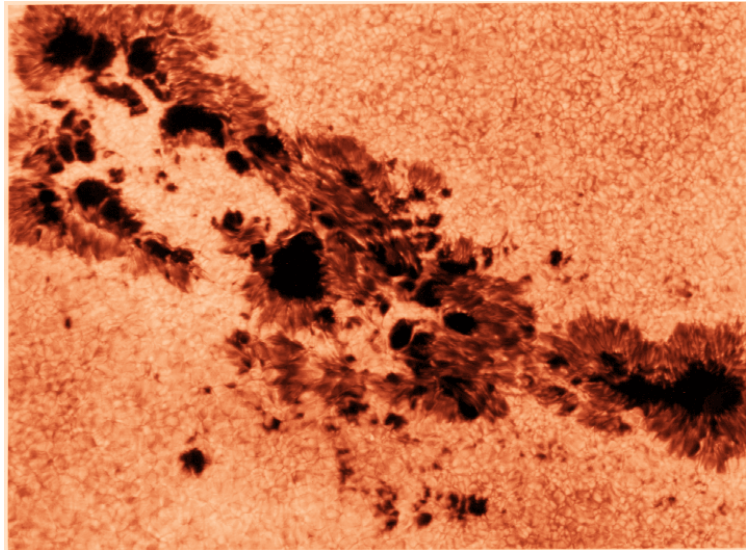
-„ A_0 ” a (korábban elért) maximális területe,

-az állandó értéke $C_D=30$ MSH/nap.

Mivel a Napon nagy számban jelennek meg születő foltok, ezért bizonyos esetekben a fenti törvény nem adja meg a valós területcsökkenés értékét, azonban statisztikailag kimutatható a formula érvényessége (Petrovay & van Driel-Gesztelyi 1997).

Napfoltcsoportok

A napfoltok rendszerint csoportosan fordulnak elő a Nap aktív vidékein, alacsony (kb. 30-40 fokot nem meghaladó) naprajzi szélességeken. A napfoltok ritkán fordulnak elő magányosan, többnyire napfoltcsoportokba tömörülnek. Ezek általában a Nap egyenlítőjével csaknem párhuzamosan elhelyezkedő, ebben az irányban megnyúlt képződmények. A



8. ábra: Napfoltcsoport

A foltcsoportok többsége úgynevezett bipoláris csoport. Nevüket onnan kapták, hogy két fő részre oszlanak, amelyet egy-egy nagyobb folt képvisel a csoport két végén, a Nap forgásiránya szerint elnevezett vezető és követő részre.

A dinamikus Nap

A napdinamó modellek

Az eddig ismertett naptevékenység jelenségeit és a hozzájuk kapcsolódó empirikus tapasztalatokat a Nap belsejében „működő” mágneses dinamó hozza létre. A dinamóelméletek azt tárgyalják, hogy a Napon ismert sebességterek hogyan alakítják a globális mágneses teret. Azonban mai napig nem fejlődött ki egy olyan Nap-dinamó sem, amely minden jelenséget megmagyarázna. A Nap-dinamó az asztrofizika egyik megoldatlan rejtélye jelenleg. Egy dinamóelmélet megalkotásánál a következő problémákba ütközik az ember:

1: Cowling-tétel: Stacionárius, tengelyszimmetrikus mágneses tér nem lehetséges. Egyenletes forgás nem hozhat létre mágneses teret, vagyis a Nap forgó plazmája mint köráram nem lehet a Nap mágneses terének egyedüli forrása. A tény az, hogy a létező mágneses terek nem stacionáriusak és a plazma forgása sem egyenletes.

2: Spörer-szabály: Az aktív szélesség egyenlítő felé vándorlása.

3: Napfolt-ciklus: A napfoltok mennyiségének periodikus változása.

4: Hale- szabály: A 22 éves mágneses ciklus, a polaritás-szabály.

A felsorolt jelenségeket a dinamónak tartalmaznia kell, tehát összetett problémával állunk szemben. A dinamómodellek közül az egyik legáltalánosabban elfogadott az α - Ω dinamó.

Az α - Ω dinamó

A toroidális és poloidális mágneses terek egymásba alakulását az α - Ω dinamó írja le. Toroidális térnek nevezzük azt a mágneses teret, ahol a mágneses erővonalak a szélességi körökkel párhuzamosak. Poloidális térnek nevezzük azt a mágneses teret, ahol az erővonalak a hosszúsági körökkel párhuzamosak. Az alfa-effektus a poloidális térkomponens létrejöttét írja le, még az omega-effektus a differenciális rotáció miatt létrejövő toroidális térkomponensét.

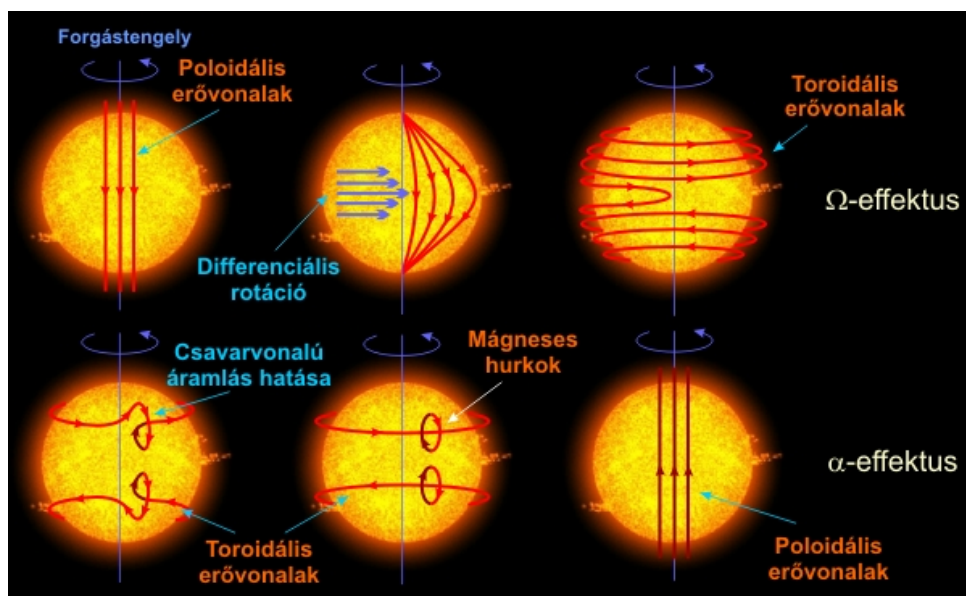
Az alfa-effektus:

Az α -effektus lényege a folyadékrezecskék csavarvonalú áramlásának hatása. A toroidális tér erővonalaiiban északi-déli irányú hurkok alakulnak ki, melyek nagy hurokká olvadnak össze. Így alakul ki a poloidális mágneses térkomponens.

Az Ω -effektus:

Ha egy gömb alakú vezető folyadékban, mint a Nap plazmájában, az egyenlítővel párhuzamos síkban zajló áramlás indul, mint a Nap esetén a differenciális rotáció, akkor miközben külső mágneses tér erővonalai járnak át a plazmát, az erővonalak felcsavarodnak, és létrejön a mágneses tér toroidális térkomponense.

Természetesen a két mozgáselem, a differenciális rotáció, illetve a csavarvonalú áramlás egyidejűleg, egymásra szuperponálódva hat, mesterséges szétválasztásuk csak a szemléletességet szolgálja.



9. ábra: Az alfa-omega dinamo

Asztrofizikai dinamók aszimmetriái

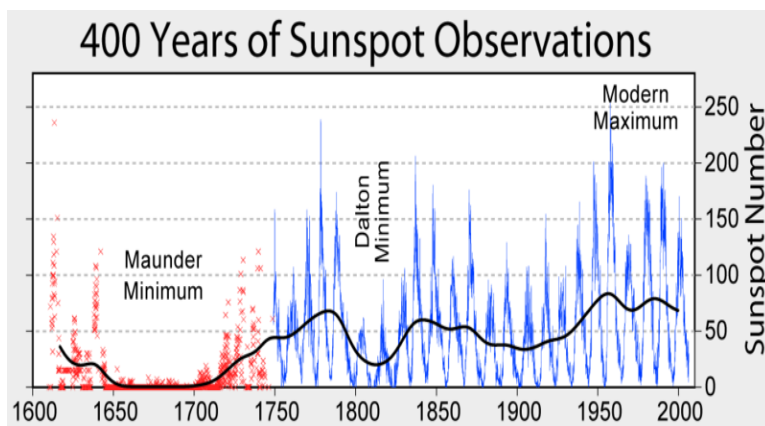
Cowling-tétel

Dinamónak azt a mechanizmust tekintjük, amely során mechanikai energiából mágneses energia keletkezik. A Cowling-tétel szerint egyenletes forgás nem hozhat létre stacionárius mágneses teret. Tehát a Nap forgó plazmája nem lehet egyedüli forrása a Nap mágneses terének. Valójában a Nap forgása nem egyenletes, hanem különböző sebességterek vesznek részt a folyamatban. A mágneses tér pedig nem stacionárius hanem az α - Ω dinamónak megfelelően poloidális és toroidális terek egymásba alakulása. A megvalósult tehát eltér a Cowling modelljétől. Ezek az eltérések egyaránt időbeliek és térbeliek.

Időbeli eltérés

Az időbeli eltérés része az előző fejezetben lévő 11 éves *napciklus* és szintén tárgyalt 22 éves *Hale-ciklus*, valamint a *Maunder-minimum*, amelyről még nem esett szó:

A XVII. század második felében a naptevékenység valószínűleg szünetelt vagy igen alacsony szinten működött. Akkoriban már Galileo és kortársai már rendszeresen észlelték a napfoltokat és feltételezhetően meg is tették volna, ha lett volna mit



10. ábra: Maunder minimum

feljegyezniük. Egy konzisztens elmélet megalapozásánál tehát bele kell tudnunk építeni ezeket az időbeli jelenségeket. A legnagyobb kihívásnak a Maunder-minimum ígérkezik, hiszen az elméletnek magyaráznia kell, hogy egy folyamat mitől állhat le és indulhat később újra magától.

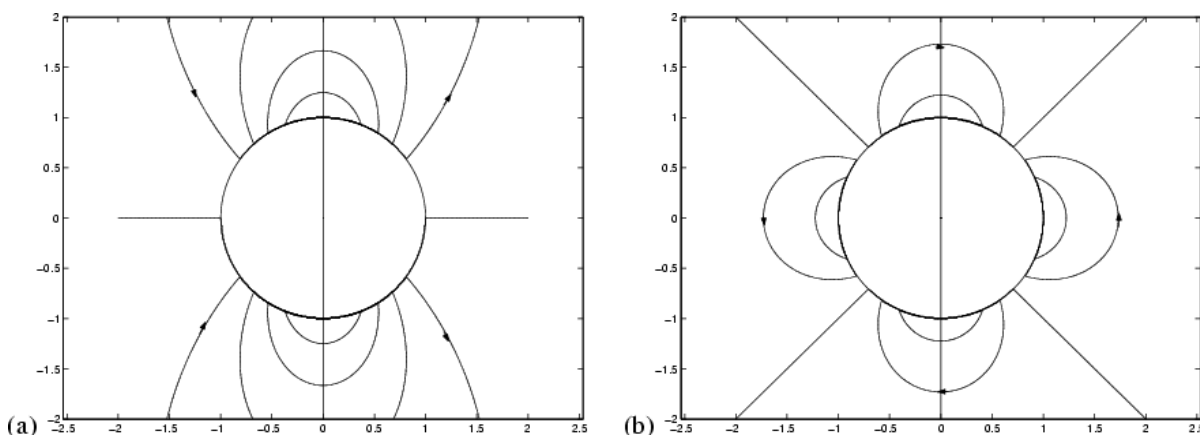
Térbeli eltérés

Nem axiálszimmetrikus mágneses tér:

Axiálszimmetrikus térről akkor beszélünk ha a napfoltok keletkezési hosszúsága statisztikailag egyenletes lenne, azonban a megfigyelések nem ezt mutatják. Egy konzisztens elmélet megalapozása ezekben az időbeli és térbeli problémákba ütközik. Jelen szakdolgozatban azonban, csak a nem axiálszimmetrikus térre koncentrálnak.

A Napon különböző hosszúsági körökön koncentrálnak a foltok. Ez a hosszúsági kör időben változik, azaz néhány évenként másik hosszúsági kör válik dominánssá. Az permanens aktív hosszúsági mellett egy másik jelenség is lejátszódik párhuzamosan, amelyet flip-flopnak hívunk. A flip-flop jelenség hatására az aktív hosszúsági kör néhány évente 180 fokos fázisugrást szenved el. Kimutatható, hogy egymástól függetlenül létezik a Nap mindkét félgömbjén aktív hosszúsági kör, amelyek egymástól 180 fokra helyezkednek el. Ezek az aktív hosszúsági körök folyamatosan vándorolnak, ciklikusságot mutatva. A megfigyelésekre támaszkodva kijelenthető, hogy a Nap belsejében működő mágneses dinamó nem tengelyszimmetrikus. Berdyugina & Usoskin (2003) : Active longitudes in sunspot activity cikkére támaszkodtam a fejezet megírásakor.

Az aktív hosszúságok szeparáltságából tehát következtetni lehet a Nap belsejében működő mágneses dinamó módusok nem tengelyszimmetrikusságára. Ezek a módusok lehetnek az egyenlítő síkjára nézve szimmetrikusak -azaz egy dipól szerű módus- (11/a ábra), de lehet egy antiszimmetrikus kvadrupól szerű módus is (11/b ábra).



11. ábra : Dipól és kvadrupól mágneses tér

Napfoltadatbázisok

Ahhoz, hogy a Napon történő foltokkal kapcsolatos jelenségeket vizsgálni tudjunk szükséges egy adatbázis amiből dolgozni tudunk. Több ilyen katalógus létezik, azonban jelen esetben a debreceni DPD katalógust választottam, mert a világon ez tartalmazza legrészletesebben, legmegbízhatóbban az adatokat. Mindemellett az általam kiválasztott időszakra folytonos, ami azt jeleníti, hogy, minden napra tartalmaz észlelést. A DPD ismertetése előtt röviden a katalógus előzmény története kerül bemutatásra.

A DPD katalógus előzménye:

Az 1878 és 1976 közötti évek között Greenwich-ben történt a foltcsoportok pozíció és területadatainak rendszere, napi feljegyzése. A Greenwich Photoheliographic Results (GPHR) katalógus évente egy kötetet adott ki. Miután 1976-ban befejeződött a fotohéliográf-program a debreceni Napfizikai Observatórium vette át a feladatot. A Debrecen Photoheliographic Results (DPR) elgondolása szerint minden eddiginél részletesebb pozíció és területadat szolgáltatása és az addig még nem regisztrált mágneses polaritás feljegyzése. A program automatizálás nélkül lassan haladt. A csak kézi feldolgozás több éves lemaradást halmozott fel. Éppen az az elmaradás kényszerítette ki a DPD katalógus létrejöttét.

A DPD katalógus:

A Debrecen Photoheliographic Data (DPD) program a fent említett elmaradás okán indult. A katalógus célul tűzte ki, hogy minden egyes folt részletes adatait (később bemutatásra kerül, hogy melyek ezek) napi rendszerességgel tartalmazza. Két helyen történt párhuzamosan a megfigyelés: Debrecenben és Gyulán. Abban az esetben ha esetleg a rossz idő miatt nem tudott az egyik állomás észlelni, még mindig feldolgozásra kerülhettek a másik adatai. Ideális esetben amikor mindkét távcső napi többszöri mérése sikeres volt, kiválasztásra került a legjobb észlelés, amelyet feldolgoztak. Csak akkor kerülnek külföldi megfigyelések a katalógusba, ha egyáltalán nincs adata az itthoni állomásoknak. A feldolgozási eljárás ma már legnagyobb részben automatizált, azonban a polaritás adatokat és a foltcsoportok azonosítását mai napig kézzel végzik, mivel ez hihetetlenül élőmunka-igényes. A katalógus másik célja a DPR kapcsán felmerült lemaradás adott időn belüli megszüntetése.

A továbbiakban párat kiemelek a DPD soraiból és ismertetem azoknak jelentését, különösen kitérve azokra amelyek a szakdolgozatom szempontjából fontosak.

Egy kiemelt részlet a DPD katalógusból:

d	1986	02	05	11	48	19	DEBR		255	1860	135	1040	2446466.99189	-13.87	-6.33
g	1986	02	05	11	48	19	4711		225	1555	111	783	-8.48	62.15	-3.96 114.89 0.0815
s	1986	02	05	11	48	19	4711	1	27	198	14	99	-9.26	62.71	-3.40 131.28 0.0782
s	1986	02	05	11	48	19	4711	2	8	81	4	41	-8.25	63.74	-2.37 129.34 0.0531
s	1986	02	05	11	48	19	4711	3	3	227	1	113	-7.27	63.46	-2.65 109.77 0.0489
s	1986	02	05	11	48	19	4711	4	7	-3	3	-3	-5.91	63.83	-2.28 79.60 0.0404
s	1986	02	05	11	48	19	4711	5	7	-3	3	-3	-6.15	63.75	-2.36 85.84 0.0413
s	1986	02	05	11	48	19	4711	6	2	-3	1	-3	-7.00	63.11	-3.00 102.79 0.0534
s	1986	02	05	11	48	19	4711	7	32	281	16	141	-6.68	62.53	-3.58 95.82 0.0626
s	1986	02	05	11	48	19	4711	8	4	24	2	12	-7.71	60.50	-5.61 104.20 0.1005
s	1986	02	05	11	48	19	4711	9	26	215	13	108	-8.40	62.57	-3.54 120.73 0.0714
s	1986	02	05	11	48	19	4711	10	35	-9	17	-9	-8.49	61.83	-4.28 117.26 0.0834
s	1986	02	05	11	48	19	4711	11	4	48	2	24	-8.50	60.75	-5.36 112.54 0.1005
s	1986	02	05	11	48	19	4711	12	5	-11	3	-11	-8.76	60.85	-5.26 115.32 0.1007
s	1986	02	05	11	48	19	4711	13	17	61	9	31	-9.35	61.30	-4.81 122.65 0.0987
s	1986	02	05	11	48	19	4711	14	6	252	3	127	-9.68	60.65	-5.46 122.12 0.1114
s	1986	02	05	11	48	19	4711	15	6	-14	3	-14	-10.09	60.11	-6.00 122.75 0.1229
s	1986	02	05	11	48	19	4711	16	2	-14	1	-14	-9.37	60.74	-5.37 120.10 0.1073

A katalógus sorainak értelmezéséhez célszerű oszloponként haladni.

Első oszlop: Három karakter közül egy szerepelhet, ezek a karakterek a „d”, „g” és „s”. Az adott sorról kapott egyik lényeges információ, hiszen ezek a betűk jelölik azt, hogy foltcsoportról (sunspot group-”g”) vagy foltról (sunspot-”s”) tartalmaz-e adatokat a sor. A „d” sorok a napokat jelölik, ez tehát egy összegző sor az adott napon lévő foltcsoportokról. Fontos megemlíteni, hogy jelentősége van még a sorrendek is. Először mindig a „d”, a napfoltcsoportokat összegző sorok vannak. Azután a „g”, amelyek egy adott foltcsoporton belül a foltokat összegzik, majd jönnek az „s” valós foltadatok. Ha az adott észlelésen ez napon több foltcsoport is volt akkor ismét egy „g” sor következik. Az aktív hosszúság vizsgálatánál nem vagyunk kíváncsiak az egyes foltok különálló viselkedésére, ezért a foltcsoport adatokat kiválasztva kezdtem meg a vizsgálatot.

Másodiktól a hetedik oszlopig: Az észlelés ideje. Év, hónap, nap, óra, perc, másodperc. A szakdolgozat szempontjából annyiban van jelentősége, hogy segít azonosítani a vizsgálatra kiválasztott időintervallumon belüli adatokat.

Nyolcadik oszlop: A „d” soroknál: Az észlelés helyének rövidítése (Pl: DEBR). Nagy részben egy Gyula vagy Debrecen, de a fentebb említett okok miatt külföldi intézmény is lehet.

A „g” és „s” soroknál más jelentést kap az oszlop. A foltcsoport nyilvántartási száma (NOAA szám) kerül ide. Ez a szám azonosítja a foltot és segít a rá való hivatkozásban. Nagyon fontos a megfelelő azonosítása, ezért ez a folyamat mai napig élő-munkát igényel.

Kilencedik oszlop: A „d” és „g” soroknál üres. Az „s” sorokban megmondja, hogy az adott foltcsoportban a folt milyen sorszámmal rendelkezik. A sorszámozás egy adott logika alapján történik, inkább az azonosítás miatt van szerepe.

Tizenegyedtől tizenháromig: A foltcsoport területadatai. Négy terület található itt. Külön a projektált és a korrigált területadat képez két csoportot és ezeken a csoportokon belül vannak az umbra és az umbra plusz penumbra adatok. Az umbra és penumbra területről már volt szó korábban. Ezek a sötét és félsötét része a foltnak, azaz struktúrája. A projektálás abból adódik, hogy egy gömbfelületről vett fényképen -főleg a széleknél- kisebbnek néznek ki a területek mint valójában. A korrigált területadatok ezt hívatnak javítani. A vizsgálathoz a korrigált umbra plusz penumbra területeket vettem alapul, azaz a négy oszlopból az utolsót.

Tizennégyedtől az utolsó oszlopig: A foltcsoport pozícióadatai. Helymeghatározásra szolgáló paraméterek. Meg van adva „normál” koordináta-rendszerben és gömbi polárkoordináta rendszerben is az adott folt helyzete. Az aktív hosszúságok vizsgálatánál értelemszerűen a normál koordináta-rendszer hosszúságadatával számoltam, amely az első oszlop az ezen a csoporton belül.

A következő címen még részletesebben tárgyalva van a DPD katalógus, a szakdolgozat szempontjából azonban a fent említett tárgyalás elég.

<ftp://fenyi.solarobs.unideb.hu/pub/DPD/DPDformat.txt>

Adatfeldolgozás

A DPD katalógus a világ legrészletesebb katalógusa. Éppen ezért minden eddiginél részletesebb módon nyílik lehetőség az aktív hosszúságok vizsgálatára. Egy rövidebb időintervallumon vizsgáljuk tehát a legnagyobb részletességgel a jelenséget. A DPD katalógusból programozás segítségével nyertem ki a számomra megfelelő adatokat. Programjaimat a C-nyelv segítségével valósítottam meg. A munka ezen fázisán az adatbázisból több válogatási eljárás kínálkozott, azonban nem lehetett még tudni, hogy melyik lesz a legalkalmasabb, ezért a főprogram előtt egy kisebb program végzett szelektálásokat a nyers DPD katalógusból a következő logika szerint:

1. Az adott foltcsoport összes előfordulását beszámítva. Így tehát minden előfordulás megtalálható, amelyet észleltek a foltcsoport megjelenésétől az eltűnéséig. Logikus lépésnek tűnik azonban a többlet információ lehet csak bonyolítja a vizsgálatot. Ezen kritériumon belül két részre bomlik a feldolgozás:

- a) Az egész napkorongról való adatgyűjtés.
- b) Csak az északi, illetve déli félgömbről való adatgyűjtés. Berdyugina & Usoskin (2003) szerint külön élnek az aktív hosszúságok a két félgömbön., ezért mindenképpen meg kell vizsgálni ezt a lehetőséget is.

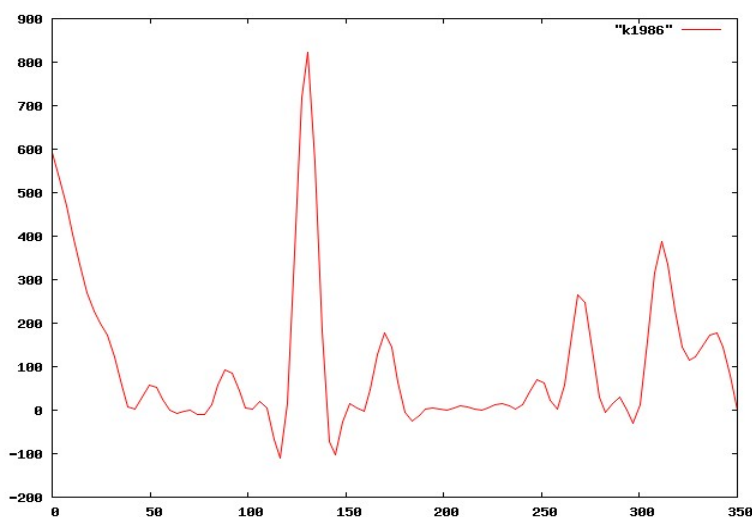
2. A másik eljárás során a foltcsoport egyetlen állapotát veszem figyelembe, tehát akkor amikor területe elérte a maximális értéket. Így próbáltam szűkíteni a hatalmas adatbázist. Azért a maximum érték került vizsgálatra, mert az egy jól megkülönböztethető állapot, amely a foltcsoport egész életét szemlélteti. Innen szintén két kritériumot támasztunk a feldolgozás szempontjából:

- a) Az egész napkorongról gyűjtünk adatokat.
- b) Csak az északi, illetve déli félgömbről gyűjtünk adatokat. Ugyanazok okból, mint az első válogatásnál.

Ez tehát négy lehetőség, ami négy különböző adatfeldolgozást jelent. Programozás szempontjából ez két különböző válogatást jelent a nyers adatbázisból, válogatásonként két feltétellel. A DPD adatbázisból kinyert négy kisebb adathalmaz kerül majd feldolgozásra egy közös program segítségével. A szakdolgozat ezen fázisában még nem lehetett tudni, hogy a négy lehetőség közül melyik lesz a leginformatívabb.

Az adatok összegyűjtése után több eljárást is kipróbáltam, hogy a megjelenítés szempontjából melyik ábráról olvasható le legkönnyebben az információ. Először két dimenziós függvényként kerültek az adatok megjelenítésre.

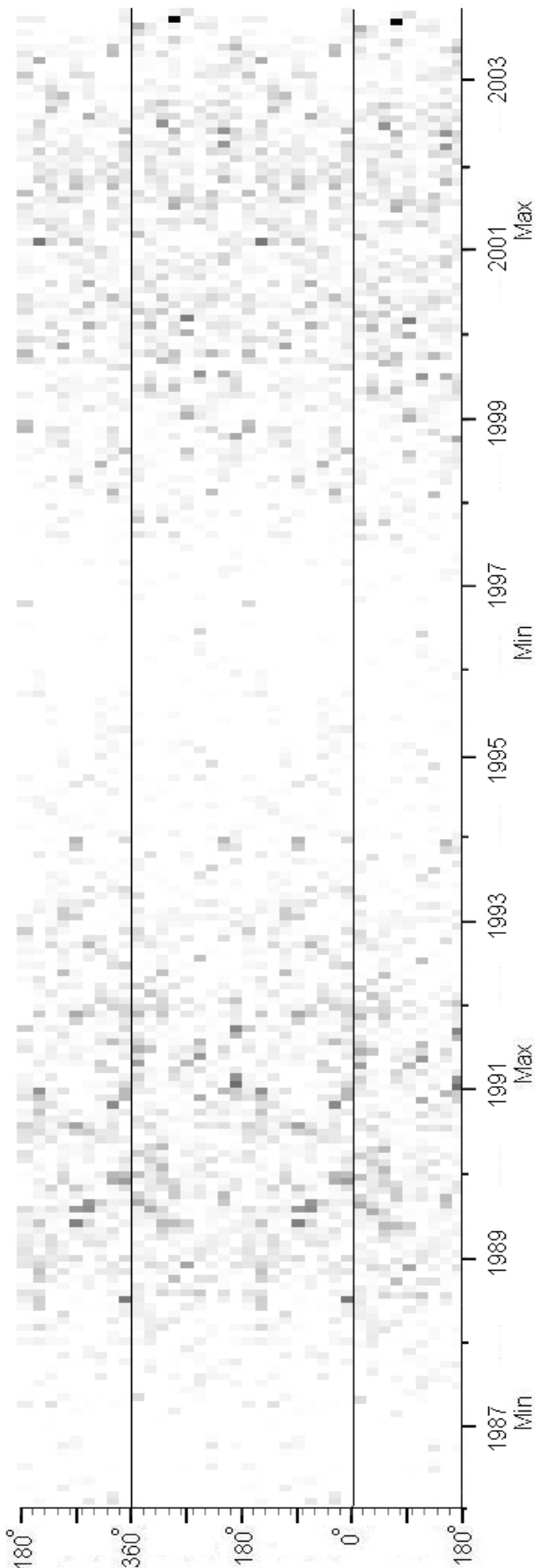
Ezek összterület-hosszúság függvények voltak, egy éves időintervallumot felölelve. Mivel így 18 függvény született egy adatfeldolgozási eljárással, összesen tehát a 72 ábrán rendkívül nehéz volt kiigazodni, ezért ezt az adatábrázolási módot elvettem. A 12. ábra példaként mutatja be az 1986-os év terület-hosszúság függését. Az ábra csak az északi



12. ábra : Az 1986-os év terület-hosszúság eloszlása

feltcsoport adatokat tartalmazza. Jól látható az ábrán az aktív hosszúság jelenléte a kb.120.-ik hosszúsági körön, azonban ezen aktív hosszúsági kör időbeli vándorlása nehezen volt megfigyelhető. A további három eljárás ezzel az ábrázolási móddal nem hozott eredményt.

Az adatok rendszerezésére egy háromdimenziós ábra bizonyult a legalkalmasabbnak. Az adatok ábrázolása a LabPlot nevű program segítségével történt. A programon belül egy integrált táblázatkezelő segítségével lehetett beolvasni az ASCII szövegfájlokat. A következő oldalon lévő 13. ábra egy példa az ábrázolási módról.



13 ábra: Egy adathalmaz ábrázolása

Az ábrázolásra legalkalmasabbnak a „surface” módot találtam. Így a függvény egy adott pontjáról három adat olvasható le. Kettő a pont elhelyezkedéséből, egy a pont színéből. A „függőleges” (nagyobb méret esetén az oldalak arány miatt célszerű volt az ábrát 90 fokkal elforgatni) tengelyen a hosszúság van ábrázolva 20 fokos intervallumokban. A „vízszintes” tengely időtengely, az adatok havi felbontásban tárolva. A színek a foltcsoportok területadatát tartalmazzák. A fehérrel jelölt pontok területértéke nulla, a fekete pixelek pedig a legnagyobb foltcsoportok területét jelentik. A köztük lévő adatokat a szürke árnyalatai adják meg.

A 14. ábra mindkét félgömb és a foltcsoport minden előfordulásának figyelembe vételével készült. Két jól megkülönböztethető „pontsereg” látható. Ezek a maximum évek, a köztük lévő halványabb pöttyök a minimum évet mutatják. Eredetileg az ábra 0-360 fokos intervallumban készült, de később célszerű volt kiegészíteni mindkét irányban 180 fokkal.

Az ábrához tartozó terület színekódok:



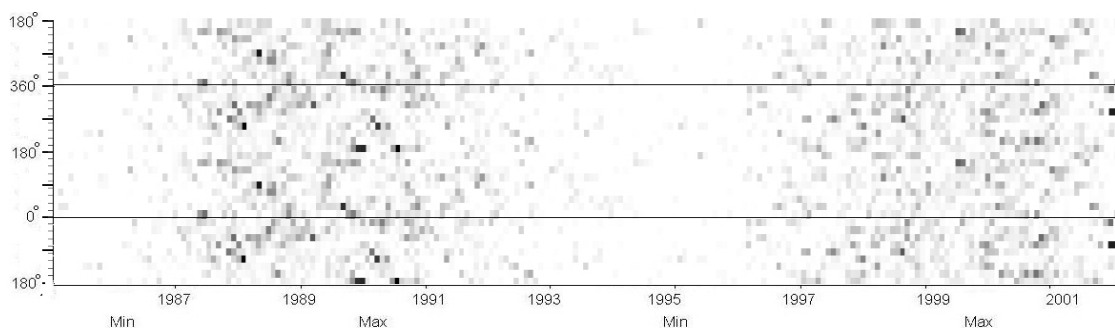
Vizsgálati cél

Jelen esetben az aktív hosszúságokat szeretném kimutatni és vizsgálni, ezért a következő ábrákon a foltcsoportok (pöttyök) eloszlásának sűrűségét vizsgálom. Egy adott időpillanatban -amelyet a vízszintes tengely egy rövid időintervalluma ad meg- szeretnék kimutatni, hogy létezik egy hosszintervallum, amelyben a pöttyök sűrűsége nagyobb mint a környezeté. Abban az esetben ha nem találunk ilyen sűrűsödéseket akkor statisztikailag véletlenszerű elrendeződésről van szó, amely azt jelentené, hogy nincs aktív hosszúság, tehát a mágneses tér tengelyszimmetrikus. Mivel már korábban cikkek jelentek meg az aktív hosszúság létéről, ezért azok az ábrák ahol véletlenszerű elrendeződés van -legalábbis nem ismerhető fel jó kivehető alakzat- az eljárás erre a célra történő alkalmatlanságát jelentik. Ezek az eredmények zsákutcába vezettek, tovább nem foglalkoztam velük.

A négy különböző eljárás eredményei

1. Az adott foltcsoport összes előfordulását beszámítva.

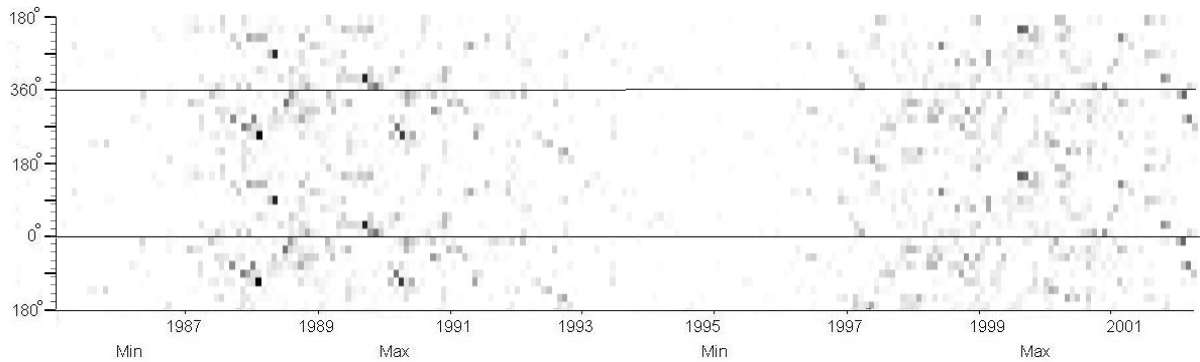
a) Az egész napkorongról való adatgyűjtés eredménye (15. ábra):



14. ábra: Egész napkorong /összes foltcsoport előfordulással/

A napkorong teljes területéről történő adatgyűjtés abból a szempontból nem bizonyult szerencsésnek, hogy -feltételezhetően- a túl sok információtól nem látható egyértelmű eredmény. Éppen ezért ezt az eljárást elvettem, mert zsákutcának bizonyult. Berdyugina & Usoskin (2003) szerint az aktív hosszúságok mindkét félgömbön léteznek. Erre a megállapításra támaszkodva kijelenthető, hogy ezen az ábrán látható két aktív hosszúság egymásra szuperponálódott, így a végeredmény kaotikus lett. A továbbiakban csak a félgömbökönkénti szeparált adatokat vettem figyelembe.

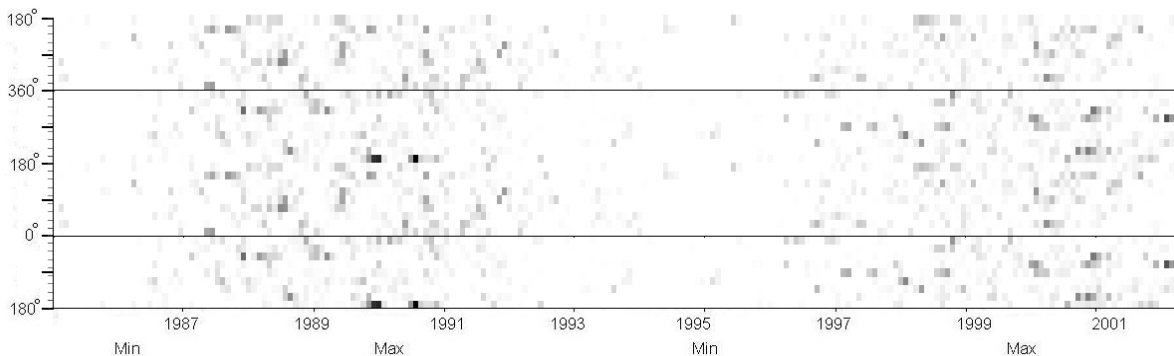
b) Csak az északi félgömbről való adatgyűjtés eredménye(16. ábra):



15. ábra: Északi félgömb /összes foltcsoport előfordulással/

A maximum években megfigyelhető egy görbe mintázat kialakulása, azonban a minimum évekről nincs szemmel látható információ. Bár a minimum évek is tartalmaznak adatokat, de a szürke-skála adta lehetőség már nem tudja jól megfigyelhetően megjeleníteni.

Csak a déli félgömből való adatgyűjtés eredménye(17.ábra):



16. ábra: Déli félgömb /összes foltcsoport előfordulással/

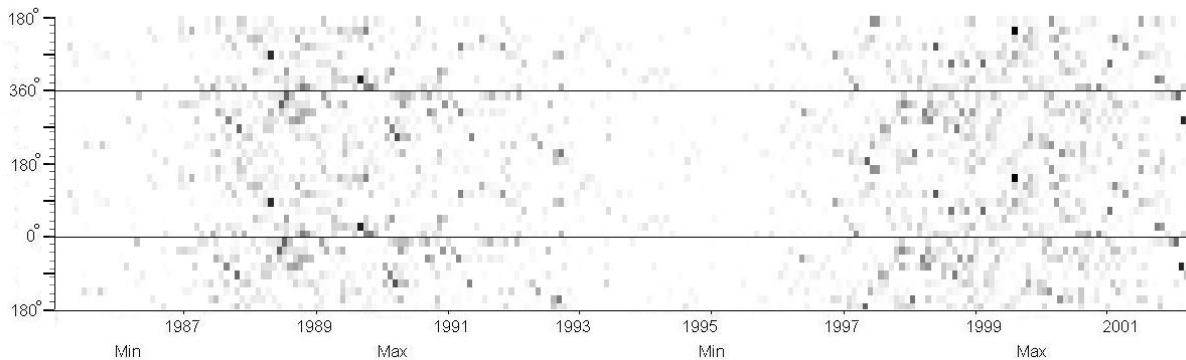
A déli félgömbön vett adatoknak sajnos ezzel az eljárással nincs szemmel látható eredménye. Ezzel az eljárással az északi félgömbön látható kialakult mintázat azonban a délin semmi. Az eredmény éppen ezért félsikernek tekinthető. A másik eljárás dönti el mennyire van létjogosultsága ezeken az adatoknak.

2. A másik eljárás során a foltcsoport egyetlen állapotát veszem figyelembe.

a) Az egész napkorongról gyűjtünk adatokat.

Az első eljárás tanulságait véve itt is elvettem az összesített adatmegjelenítést. Az ábra természetesen elkészül és a függelékben megtalálható. Hasonló okokból mint az első feldolgozási módszernél itt sem látható eredmény.(Az összes ábra nagy méretben megtalálható a függelékben.)

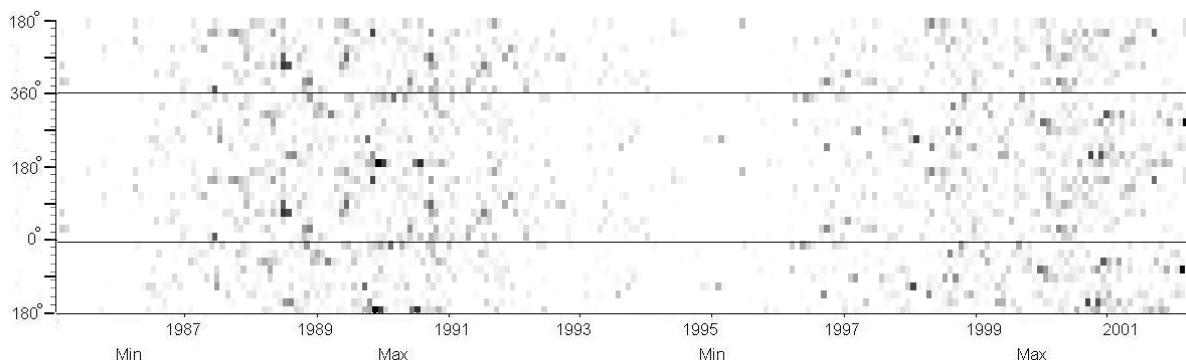
b) Csak az északi félgömbről vett adatok eredménye(18. ábra):



17. ábra: Északi félgömb /csak a maximum területű foltcsoportok/

Szemmel láthatóan ez az eljárás bizonyult eddig a legsikeresebbnek az északi félgömböt tekintve. Mivel a sok információtól nem egyértelműen lehet kivenni a görbe – hídszerű- alakzatát ezért bizonyos „tisztítási” eljárásokkal próbálom a későbbiekben egyértelműsíteni az aktív hosszúság jelenlétét. Az eredmény viszont mindképpen siker, mert az egyértelműen látszik, hogy a 22.ciklus (első pöttycsoport) 180. fokintervallumában kisebb a sűrűség. A 360. fok körül pedig egy hídszerű mintázat jelent meg. Fontos itt is kiemelni, hogy a folytonos vízszintes vonalak alatt, illetve felett az ábra kiterjesztése van, amelyen ugyanaz az információ van mint felette, illetve alatta. Hiába tűnik a 22. ciklusban két görbének az eloszlás. Az ábra kiterjesztésének célja itt látszik, hiszen egy 0-360 fokig terjedő ábrán ez a görbe megtört volna. További érdekesség, hogy úgy tűnik mintha ezen az ábrán több információ lenne mint azokon ahol a foltcsoport minden előfordulását figyelembe vettem. Ez csak látszólag ellentmondás, ezen az ábrán jóval kevesebb információ van, viszont ennek kevesebb információnak kell osztozni a szürke-skála lehetőségein. Éppen ezért több pötty került jól látható színnel feltüntetve.

b) Csak a déli félgömből vett adatok eredménye(19. ábra):

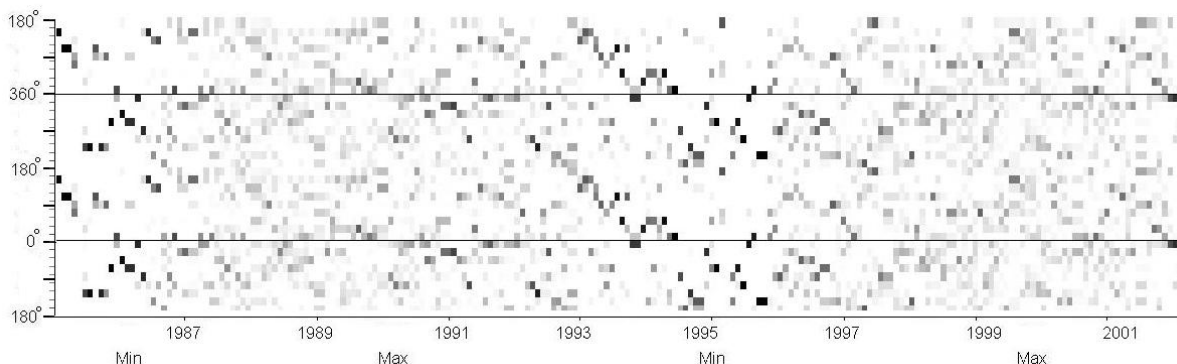


18. ábra: Déli félgömb /csak a maximum területű foltcsoportok/

A déli félgömb ennél a szituációnál is kevesebb kilátással kecsegtet mint északi társa. Bár némi hídszerű alakzat megfigyelhető a bal oldali 22. ciklus maximum éveinél a 180. hosszúsági intervallumban, azonban korán sem annyira szép mint az északi félgömbön. Ez az utóbbi két ábra mutatkozik a legalkalmasabbnak arra, hogy eredményre vezessenek. Éppen ezért a továbbiakban ennek a két adatfeldolgozási eredményét fogom tovább finomítani.

Tisztogatási eljárások

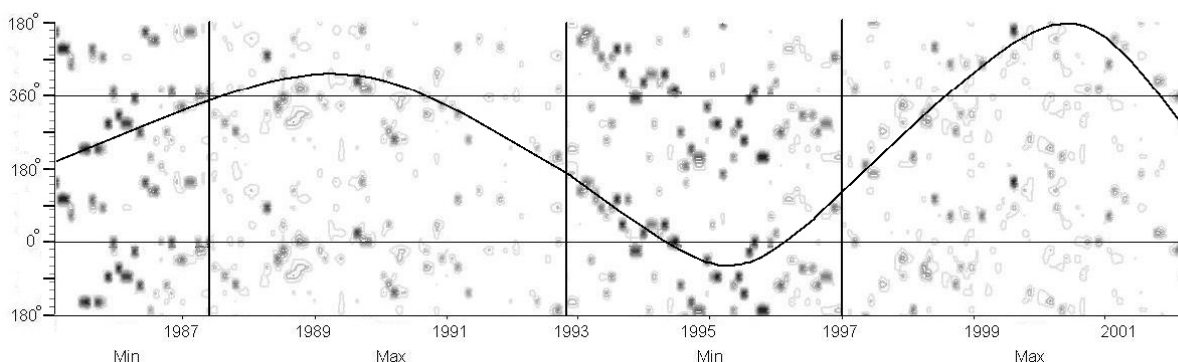
Az előzetes ábrázolásokból egyszerűsödött a helyzet, hogy melyik eljárással készült eredményt érdemes tovább finomítani. Első és legfontosabb dolog, hogy a minimum években lévő adatokat láthatóvá lehessen tenni. Ennek érdekében normalizáltam az adatokat. Egy adott időpillanatban a százalékos eloszlását jelöltem a különböző hosszúságoknak. Abban az ideális esetben kerül egy fekete pixel jelölésre -egy függőleges vonal mentén-, amikor csak egy 20 fokos aktív hosszúságintervallum látható a napon egy adott időben. Az eljárás előnye, hogy a minimum évek kis területű foltcsoportjai jól láthatóvá válnak, viszont a maximum évek nagy területű foltcsoportjai kevésbé láthatóak. Ennek az az oka, hogy a maximum években sok kisebb foltcsoport is megjelenik az adott időpillanatban azonos hosszúságokon és ezek az apróbb foltok is kiveszik a részüket a százalékos elosztásban.



19. ábra: Az északi félgömb normalizálás után

Először az északi félgömb látható a normalizálás után. Első és legfeltűnőbb jelenség, hogy a minimum években is megjelentek az eddig nem látható foltcsoportok. A minimum évek fekete jelölései azt jelentik, hogy ezekben az években a kevesebb megjelenő folt az aktív hosszúság köré koncentrálódik. A maximum években kissé elszór attól. Az elszóródott foltok azonban -korábbi megállapítás alapján- kisebb területűek. Tehát a nagyobbak itt is az aktív hosszúság mentén jelentek meg.

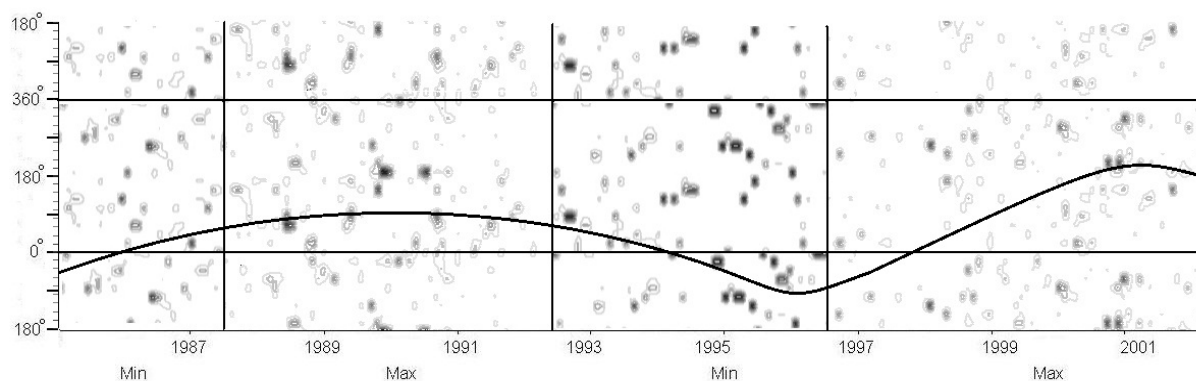
Koncentráljunk tehát a maximum évekre, mivel a minimum években már egyértelműen kivehető az aktív hosszúság és annak időbeli dinamikája. Elsődleges cél megszabadulni azoktól apróbb foltoktól, amelyek területe jóval alulmarad a nagyokhoz képest.



20. ábra. Északi félgömb tisztogatás után illesztett görbével

Az eredményen jól látható sűrűsödési területek jelentek meg. A maximum években, így is nagyobb a szórás viszont egyértelműen kivehető ott is az aktív hosszúság. A legnagyobb foltcsoportokra illesztettem egy görbét segítségül.

Ugyanazokat az eljárásokat alkalmazva a déli félgömbre:



21. ábra. Déli félgömb tisztogatás után illesztett görbével

A tisztogatás végeztével a déli félgömbön is láthatóvá vált az aktív hosszúság. A két ábrát összehasonlítva bizonyossá volt, hogy mintegy 180 fokos fáziskülönbség van a déli és északi félgömb aktív hosszúsága között.

Az ábrák további finomítására nem került sor, mivel az aktív hosszúság dinamikája egyértelműen megmutatkozik mind a két félgömbön.

A vizsgálat eredményei

1) A DPD katalógus feldolgozásával igazolva lettek az aktív hosszúságok jelenlétei.

Ennyire részletes felbontásban és erre az időszakra vonatkozóan ezidáig nem létezett erre a területre összpontosító ábra. Bár az irodalomban fellelhető ábrák között van olyan, amely nagyobb időintervallum eredményét tartalmazza, de mind időbeli, mind hosszúságbeli felbontása részletszegényebb. Továbbá a DPD katalógust felhasználva bebizonyosodott, hogy kimutatható az aktív hosszúság jelenléte a 22. és 23. cikluson belül.

2) Igazolva, hogy félgömbönként jelentkezik az aktív hosszúság, egymásra 180 fokos eltolással.

Csak azok az eljárások voltak eredményesek, ahol külön volt kezelve az északi és déli félgömb. Ennek az az oka, hogy az egyesített ábrán a két aktív hosszúság egymásra szuperponálódott, a sok adat miatt a statisztikai eloszlás véletlenszerűnek tűnt. A helyzet semmilyen tisztogatási eljárást után nem javult, csak a félgömbönkénti szeparált adatok szolgálták érdemleges eredménnyel.

3) Az aktív hosszúság függetlenül jelentkezik attól, hogy minimum vagy maximum évekről van szó. A maximum években szignifikánsan a nagyobb foltok jellemzik az aktív hosszúságot, még a minimum években a kisebb -és jóval ritkább előfordulású-foltcsoportok is.

Az aktív hosszúság megjelenésének helye független attól, hogy a napciklus melyik fázisában vagyunk. Tapasztalat szerint a maximum években a kisebb területű foltok miatt a szórás jóval nagyobb mint a minimum években. A nagy területű, illetve hosszú életű foltcsoportok viszont a várt hosszúságon jelennek meg. Minimum években nem mutatkozik nagy szórás. A jóval kisebb területű és rövidebb élettartamú foltcsoportok már jellemzik az aktív hosszúságot. Ezeknek az aktív hosszúságoknak jelenléte tehát permanens. Csak a látható megnyilvánulásuk mértéke függ a napciklustól.

4) Az aktív hosszúságnak egyértelműen van dinamikája.

Az alkalmazott módszerek egyértelműen mutatják, hogy azok a hosszúságok, ahol a naptevékenység jelentős része folyik dinamikusak. A feldolgozott időintervallumon belül ez a dinamika jó egyezésben van a napciklussal. 11 éven belül kétszer lesz minden hosszúsági fok aktív.

5) A flip-flop jelenség egyszerre mutatkozik, szuperponálódva az aktív hosszúságra.

Az elvégzett eljárás a vártnál kevésbé lett alkalmas a flip-flop jelenség kimutatására. Az 1990-es és 1992-es években a megjelenített ábrákon felfedezhető, hogy az aktív hosszúság 180 fokos ugrást szenvedett el. Azonban ezek megnyilvánulása nem egyértelmű és csak ezen a két ponton felfedezhető. Az irodalomra támaszkodva viszont biztos, hogy a flip-flop egy bizonyos ciklikusságot mutat, amely az aktív hosszúságra szuperponálódik. Jelen szakdolgozat témája viszont csak lazán érintette ezt a témát, ezért a további vizsgálat már túlnyúl a dolgozat keretein. Megemlítésére is csak azért került sor, mert ez a jelenség a nem axiálszimmetrikus mágneses tér másik megnyilvánulása, amely szorosan kapcsolódik az aktív hosszúság témaköréhez.

Összefoglalás

Szakedolgozatomban a Nap mágneses terének természetét vizsgáltam. A Nap esetében a mágneses tér nem állandó, folyamatos változást szenved el. Ismertettem az erre vonatkozó legáltalánosabb mágneses dinamó elméleteket, amelyek próbálják leírni ezt a folyamatot. Célom egy olyan dolgozat megírása volt, amelyben a DPD napfoltcsoport adatbázis segítségével vizsgálatokat végezhettem a már említett dinamó jelenségen az 1986-tól 2002-ig terjedő időszakban. Konkrétan a dinamó egyik megnyilvánulása koncentráltam: az aktív hosszúságokra.

A dolgozat szempontjából kiemelt fontosságú volt részletesen tárgyalni a naptevékenység egyik leggyakoribb megnyilvánulását: a napfoltokat. A napfoltok megjelenése oda tehető ahol a nap mágneses tere átlépi a felszínt. Éppen ezért a napfolt a nap mágneses terének vizsgálatára alkalmas. A napfolt élettartama, pozíciója és mérete következtetni enged az ott uralkodó mágneses viszonyokról. A DPD katalógust felhasználva egy 16 éves időintervallumon ábrázoltam foltcsoportok hosszúság-eloszlását.

Az ábrázolás során kimutattam, hogy léteznek egy adott időpillanatban olyan hosszúságok, amelyeken legnagyobb valószínűséggel jelennek meg napfoltok. Ezeknek az aktív hosszúságok dinamikájuk van, azaz időben folyamatosan változik helyzetük. Ez a dinamika egyértelműen látszik a DPD katalógus segítségével végzett vizsgálatokon.

Irodalomjegyzék

- Ambrož, Pavel**, *Large-scale patterns, complexes of solar activity and 'active longitudes'*, Highlights of Astronomy, Volume 14, Issue 14, p. 277-278
- Bai, Taeli**, *Distribution of flares on the sun - Superactive regions and active zones of 1980-1985*, Astrophysical Journal, Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 314, March 15, 1987, p. 795-807
- Balthasar, H.**, *Rotational periodicities in sunspot relative numbers*, Astronomy and Astrophysics, Volume 471, Issue 1, August III 2007, pp.281-287
- Berdyugina, S. V.** *Preferred longitudes in solar and stellar activity*, Memorie della Societa Astronomica Italiana, v.78, p.242 (2007)
- Berdyugina, S. V.; Moss, D.; Sokoloff, D.; Usoskin, I. G.**, *Active longitudes, nonaxisymmetric dynamos and phase mixing*, Astronomy and Astrophysics, Volume 445, Issue 2, January II 2006, pp.703-714
- Bhola N. Dwivedi**, *Dynamic Sun*, Cambridge University Press, 2003
- Berdyugina, S. V.; Usoskin, I. G.**, *Active longitudes in sunspot activity: Century scale persistence*, Astronomy and Astrophysics, v.405, p.1121-1128 (2003)
- Bumba, V.; Garcia, A.; Klvaňa, M.**, *Longitudinal Distribution of Solar Magnetic Fields and Activity During the Ending and Starting Periods of Activity Cycles*, Solar Physics, v. 196, Issue 2, p. 403-419 (2000).
- Bumba, V.; Howard, R.**, *Solar Activity and Recurrences in Magnetic-Field Distribution*, Solar Physics, Volume 7, Issue 1, pp.28-38
- Dikpati, Mausumi**, *Dynamo models and predictions of solar activity cycles*, 37th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-20 July 2008, in Montréal, Canada., p.711
- Jiang, J.; Wang, J. X.**, *A dynamo model for axisymmetric and non-axisymmetric solar magnetic fields*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 377, Issue 2, pp. 711-718
- Juckett, David A.**, *Long Period (0.9 5.5 Year) Oscillations in Surface Spherical Harmonics of Sunspot Longitudinal Distributions*, Solar Physics, Volume 237, Issue 2, pp.351-364
- Ludmány András**, *Úrkutatás*, Egyetemi Jegyzet, Debreceni Egyetem
- Martin Rees**, *Univerzum*, Dorling Kinderslay Limited, 2005

Mursula, Kalevi, *Bashful Ballerina: The asymmetric global solar magnetic field viewed from the heliosphere*, 37th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-20 July 2008, in Montréal, Canada., p.2150

Mursula, Kalevi, *Long-term evolution and asymmetry in solar wind*, 37th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-20 July 2008, in Montréal, Canada., p.2151

Mursula, K.; Hiltula, T., *Systematically Asymmetric Heliospheric Magnetic Field: Evidence for a Quadrupole Mode and Non-Axisymmetry with Polarity Flip-Flops*, Solar Physics, Volume 224, Issue 1-2, pp. 133-143

Usoskin, I. G.; Berdyugina, S. V.; Poutanen, J., (1) *Preferred longitudes in sunspot activity* (2) *Preferred sunspot longitudes: non-axisymmetry and differential rotation*, Astronomy and Astrophysics, Volume 464, Issue 2, March III 2007, pp.761-761

Usoskin, I. G.; Berdyugina, S. V.; Poutanen, J., *Preferred sunspot longitudes: non-axisymmetry and differential rotation*, Astronomy and Astrophysics, Volume 441, Issue 1, October I 2005, pp.347-352

Vernova, E. S.; Tyasto, M. I.; Baranov, D. G., *Photospheric Magnetic Field of the Sun: Two Patterns of the Longitudinal Distribution*, Solar Physics, Volume 245, Issue 1, pp.177-190

Wang, Huaning; Zhang, Liyun; Du, Zhanle, *Solar active longitudes and flares*, 37th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-20 July 2008, in Montréal, Canada., p.3399

Zhang, L. Y.; Wang, H. N.; Du, Z. L.; Cui, Y. M.; He, H., *Long-term behavior of active longitudes for solar X-ray flares*, Astronomy and Astrophysics, Volume 471, Issue 2, August IV 2007, pp.711-716

Zhang, L. Y.; Wang, H. N.; Du, Z. L., *Prediction of solar active longitudes*, Astronomy and Astrophysics, Volume 484, Issue 2, 2008, pp.523-527

Zhang, L. Y.; Wang, H. N.; Du, Z. L., *Prediction of solar active longitudes*, Astronomy and Astrophysics, Volume 484, Issue 2, 2008, pp.523-527

Képjegyzék

1. ábra: A Nap belső szerkezete - <http://astro.elte.hu/>
2. ábra: Napkitörés (SOHO észlelés) - <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>
3. ábra: CME (SOHO észlelés) - <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>
4. ábra: Pillangó diagramm - <http://fenyi.sci.klte.hu>
5. ábra: Napfoltszám-idő – *Saját ábra /2009-ben készült az OOO Calc nevű programmal/*
6. ábra: Napfolt - <http://astro.elte.hu/>
7. ábra: A napfoltok bomlási üteme és sugara - <http://fenyi.sci.klte.hu>
8. ábra: Napfoltcsoport - <http://astro.elte.hu/>
9. ábra: Az alfa-omega dinamó - <http://astro.elte.hu/>
10. ábra: Maunder minimum - <http://www.theresilientearth.com>
11. ábra: Dipól és kvadrupól mágneses tér - <http://www.aanda.org/>
12. ábra: Az 1986-os év terület-hosszúság eloszlás - *Saját ábra
/2009-ben készült az Gnuplot nevű programmal/*
13. ábra: Egy adathalmaz ábrázolása - *Saját ábra /2009-ben készült Labplot-tal/*
14. ábra: Egész napkorong /összes foltcsoport előfordulással/ - *Saját ábra
/2010-ben készült a Labplot nevű programmal/*
15. ábra: Északi félgömb /összes foltcsoport előfordulással/ - *Saját ábra
/2010-ben készült a Labplot nevű programmal/*
16. ábra: Déli félgömb /összes foltcsoport előfordulással/ - *Saját ábra
/2010-ben készült a Labplot nevű programmal/*
17. ábra: Északi félgömb /csak a maximum területű foltcsoportok/ - *Saját ábra
/2010-ben készült a Labplot nevű programmal/*
18. ábra: Déli félgömb /csak a maximum területű foltcsoportok/ - *Saját ábra
/2010-ben készült a Labplot nevű programmal/*
19. ábra: Az északi félgömb normalizálás után - *Saját ábra
/2010-ben készült a Labplot nevű programmal/*
20. ábra: Északi félgömb tisztogatás után illesztett görbével - *Saját ábra
/2010-ben készült a Labplot nevű programmal/*
21. ábra: Déli félgömb tisztogatás után illesztett görbével - *Saját ábra
/2010-ben készült a Labplot nevű programmal/*

Függelék

A vizsgálathoz szükséges programok:

```
int main(void)
{
    char x;
    int year,month,day,hour,min,sec;
    int noaa;
    int ter1,ter2,ter3,ter4;
    float poz1,poz2,poz3,poz4,poz5;
    FILE *file;
    file=fopen("DPDcatalog.dat","r");
    out = fopen( "DPDcatalogNORTH.dat", "w" );
    out2 = fopen( "DPDcatalogSOUTH.dat", "w" );
    while(fscanf(file,"%c %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %f %f %f %f
%f",&x,&year,&month,&day,&hour,&min,&sec,&noaa,&ter1,&ter2,&ter3,&ter4,&poz1,&poz2,&poz3,
&poz4,&poz5)!=EOF)
    {
        if(x=='g' && poz1>0) fprintf(out,"%d %d %d %d %f %f 1\n",month,day,noaa,ter4,poz2,poz1);
        if(x=='g' && poz1<0) fprintf(out2,"%d %d %d %d %f %f \n",month,day,noaa,ter4,poz2,poz1);
    }
    fclose (file);
    fclose (out);
    fclose (out2);
    return 0;
}
```

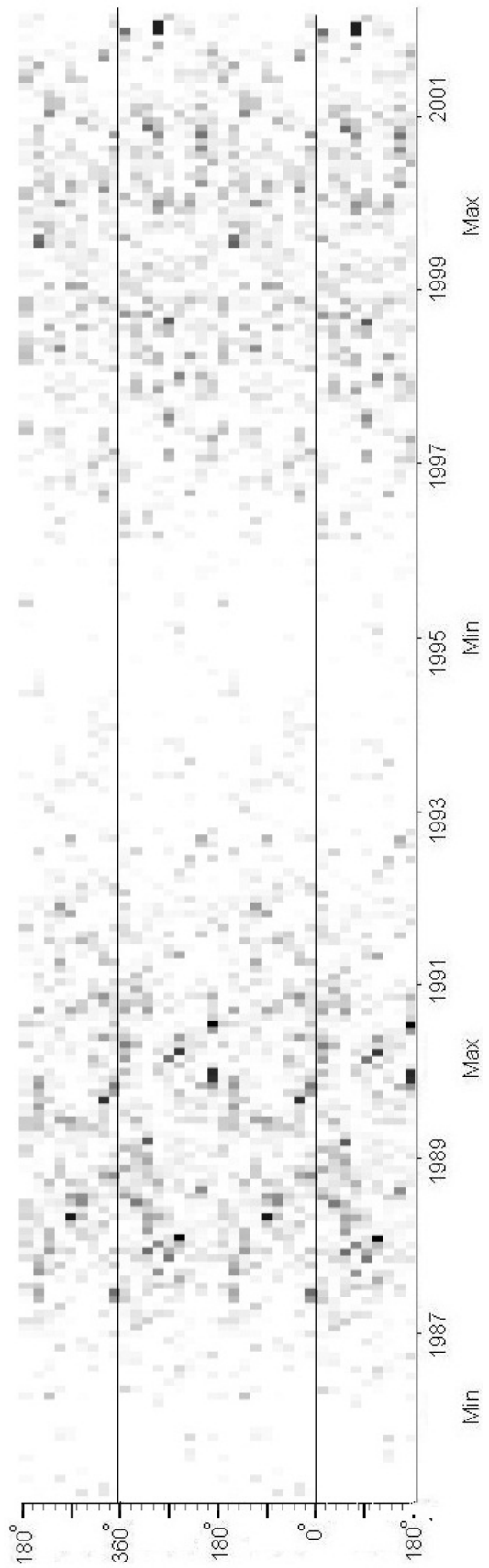
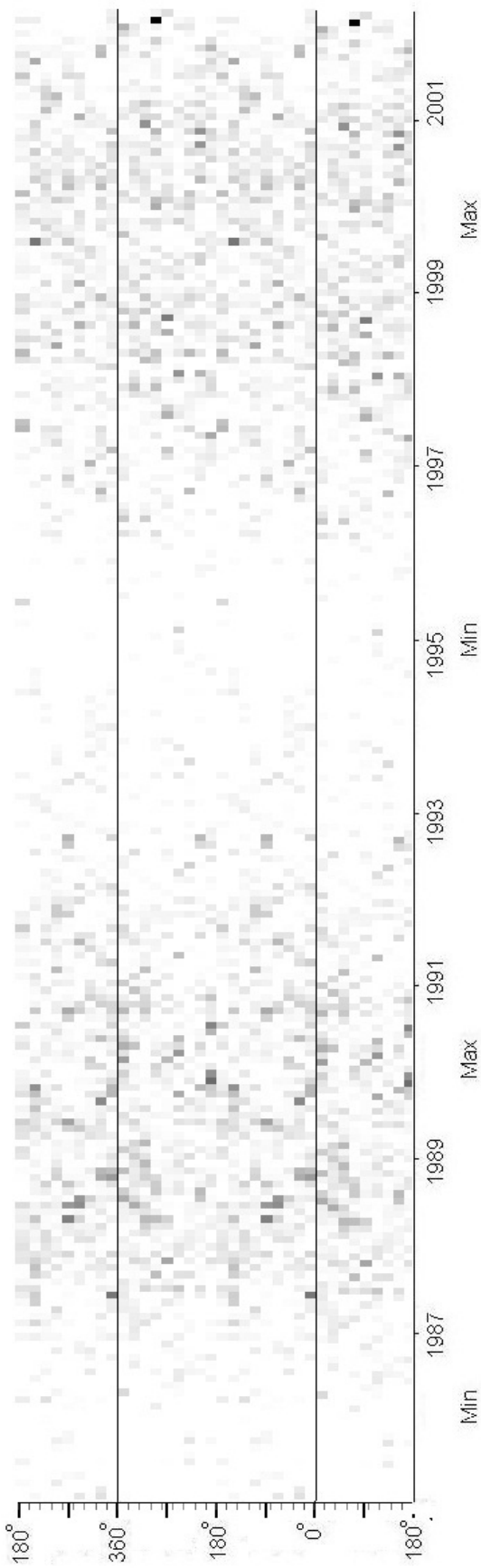
```

#include <stdio.h>

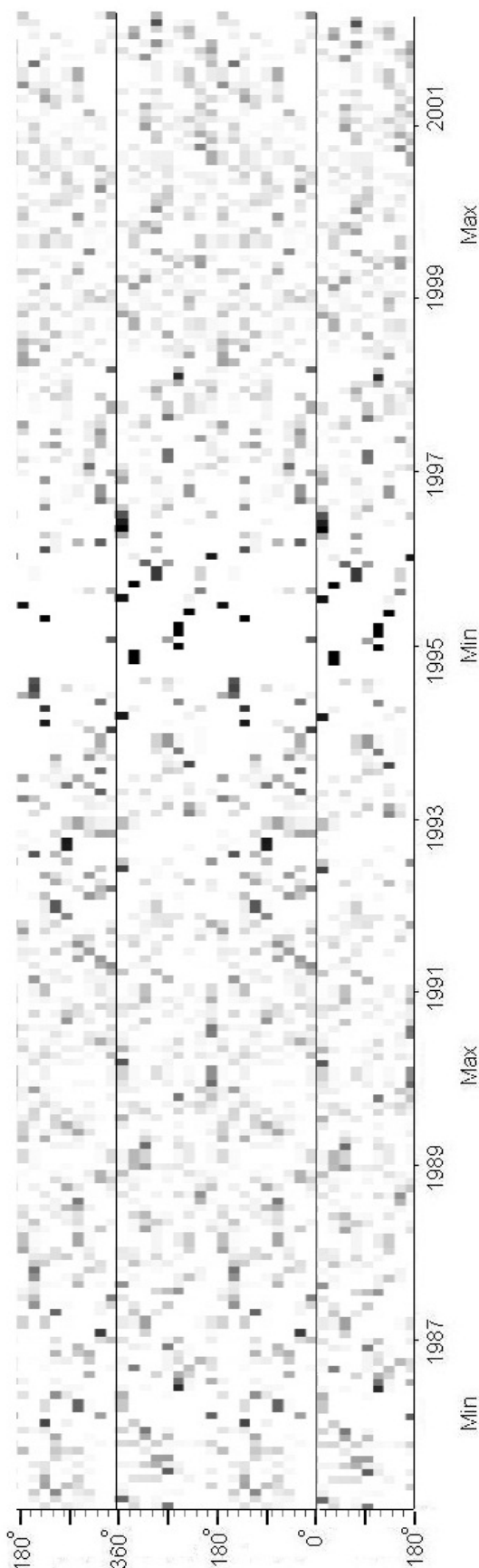
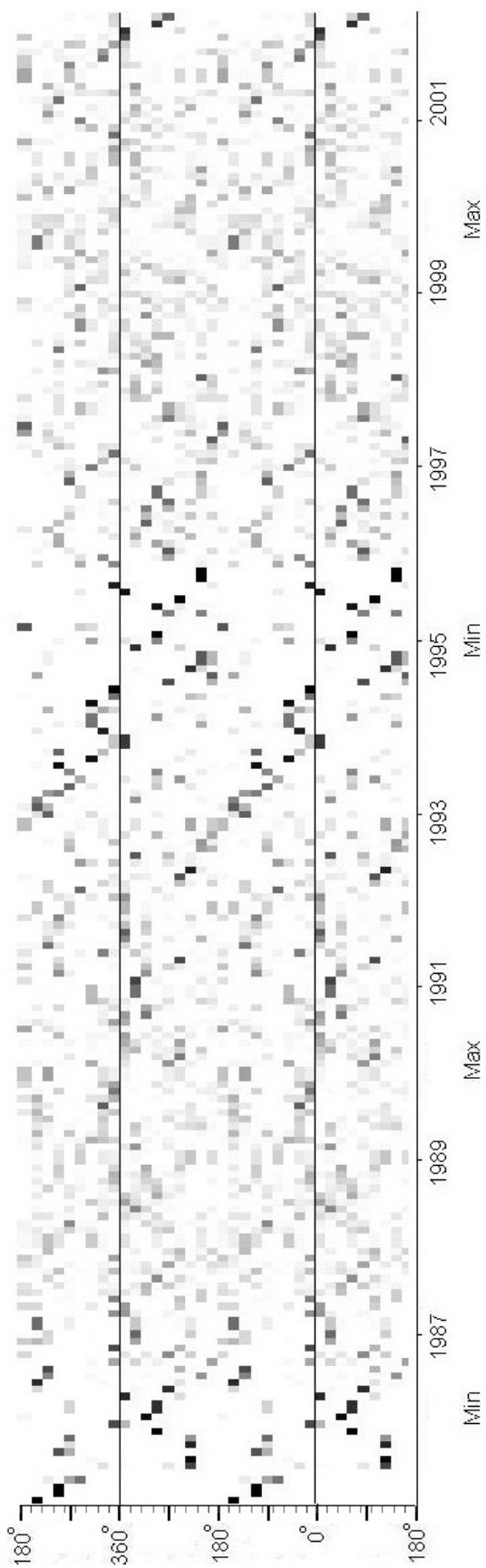
int main(void)
{
    int i=0,j=0,k=0,n=0,m=0,o=0;
    int b1[90]={0},b2[90]={0},b3[90]={0},b4[90]={0},b5[90]={0},b6[90]={0};
    int b7[90]={0},b8[90]={0},b9[90]={0},b10[90]={0},b11[90]={0},b12[90]={0};
    int a[90]={0};
    int b[90]={0};
    int month,day,noaa,ter,xx;
    float poz1,poz2;
    for (i=1;i<=18;i++)
    {
        a[i+1]=a[i]+20;
    }
    for(n=1;n<=12;n++)
    {
        FILE *file;
        file = fopen("1986.txt", "r");
        while(fscanf(file, "%d %d %d %d %f %f %d",&month,&day,&noaa,&ter,&poz1,&poz2,&xx)!
=EOF)
        {
            if(month==n)
            {
                for (j=1;j<=18;j++)
                {
                    if(a[j]<poz1 && poz1<a[j+1]) b[j]=b[j]+ter;
                    if(a[j]==poz1) b[j]=b[j]+ter;
                    if(a[j+1]==poz1) b[j+1]=b[j+1]+ter;
                }
            }
            fclose(file);
            for (k=1;k<=18;k++)
            {
                if (n==1) b1[k]=b[k];      if (n==2) b2[k]=b[k];
                if (n==3) b3[k]=b[k];      if (n==4) b4[k]=b[k];
                if (n==5) b5[k]=b[k];      if (n==6) b6[k]=b[k];
                if (n==7) b7[k]=b[k];      if (n==8) b8[k]=b[k];
                if (n==9) b9[k]=b[k];      if (n==10) b10[k]=b[k];
                if (n==11) b11[k]=b[k];    if (n==12) b12[k]=b[k];
            }
            for (m=1;m<=90;m++)
            {
                b[m]=0;
            }
        }
        for (o=1;o<=18;o++)
        {
            printf("%d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d\n",
b1[o],b2[o],b3[o],b4[o],b5[o],b6[o],b7[o],b8[o],b9[o],b10[o],b11[o],b12[o]);
        }
        return 0;
    }
}

```

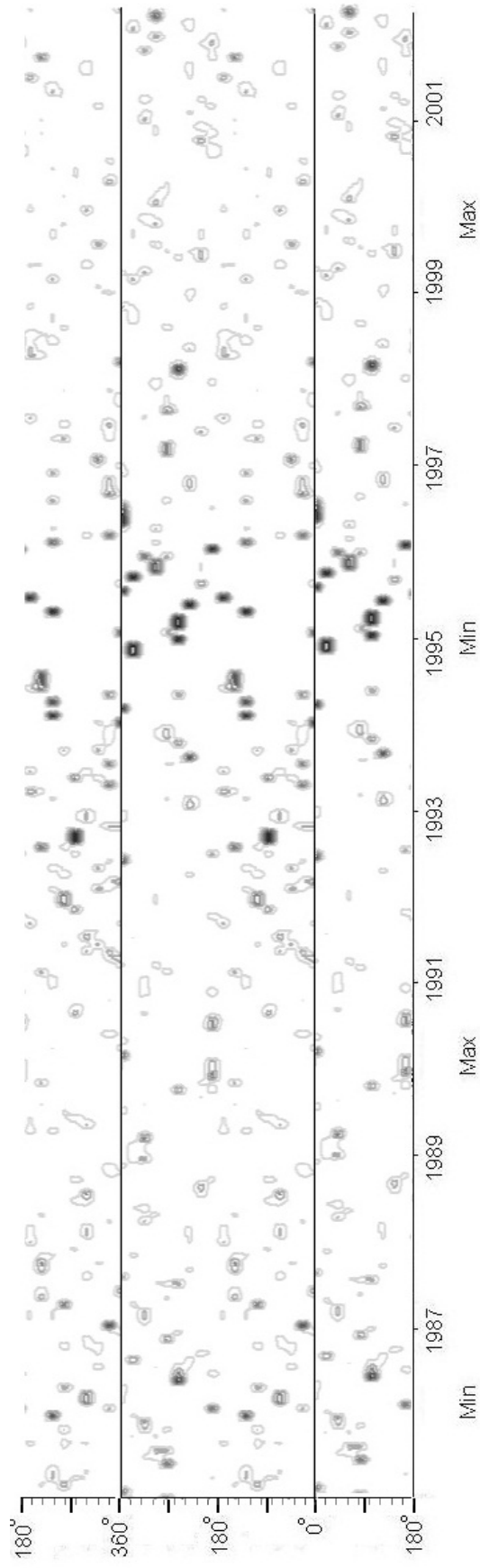
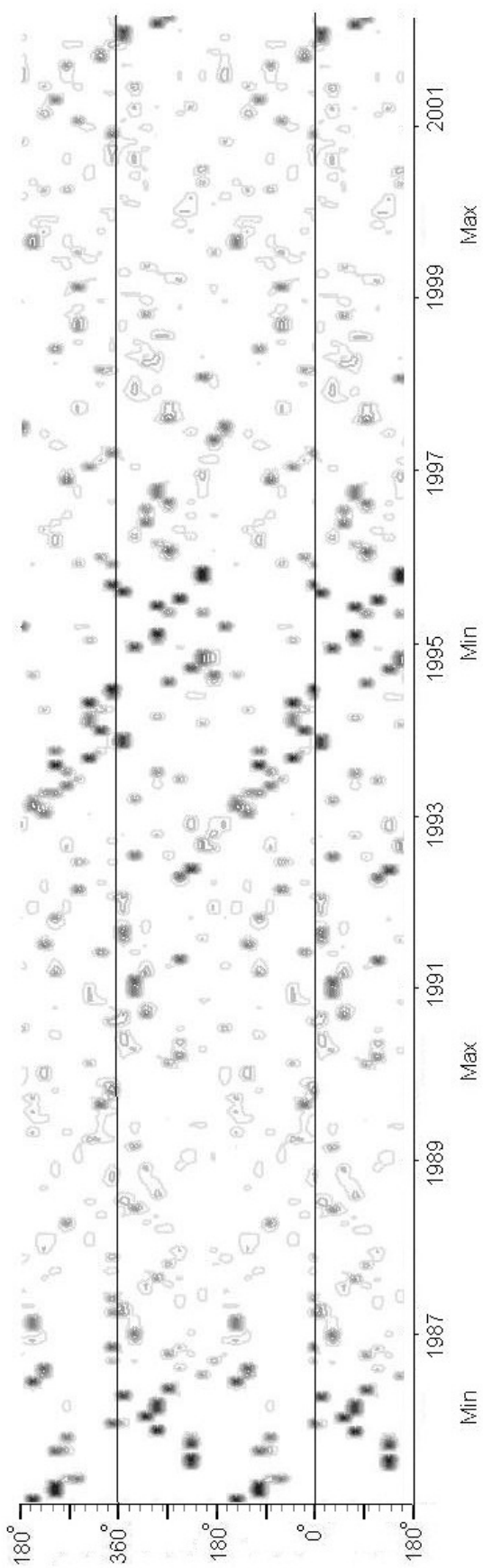
Egész félgömbről való adatgyűjtés: Maximum területű foltcsoportok, összes foltcsoport



Északi félgömbről való adatgyűjtés normalizálva – Déli félgömbről való gyűjtés normalizálva



Északi és déli félgömb: Normalizált adatok, kontúr és tisztogatás



Északi és déli félgömb: Illesztett görbe

