

MEDITERRÁN CIKLONOK DETEKTÁLÁSA A POTENCIÁLIS CIKLON-KÖZÉPPONTOK AZONOSÍTÁSÁVAL ÉS TRAJEKTÓRIA-KÖVETÉSSSEL

Dolgos Emília , Pongrácz Rita , Bartholy Judit 

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet,
Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
e-mail: emilia08@student.elte.hu, prita@nimbus.elte.hu, bartholy.judit@ttk.elte.hu

Bevezetés

A mérsékelt övi ciklonok, köztük a mediterrán ciklonok, nagy szerepet játszanak a közepes földrajzi szélességek időjárási folyamataiban. A ciklonok fejlődése, intenzitása, trajektóriája, valamint az azokat kísérő időjárási események, mint például az extrém csapadék, áradások, viharok, mind regionális, mind pedig lokális szempontból is igen fontosak. A mediterrán ciklonok jellege eltér az Atlanti-térségben keletkezett ciklonokétól: átmérőjük kisebb, sekélyebbek, élettartamuk rövidebb (Trigo, 1999).

A mediterrán ciklonok azonosítása különféle módszerekkel történhet. Az objektív detektáláshoz algoritmusokat alkalmazhatunk, melyek alkalmasak a reanalízis adatok vagy modellszimulációkkal előállított rácsponti produktumok vizsgálatára. Az algoritmusok működési alapját legtöbbször a meteorológiai mezőkben történő szélsőérték keresés adja. A ciklonok detektálásához megfelelő lehet a nyomási mező vizsgálata. Mivel a ciklonok alacsony légnyomási központtal rendelkeznek, így a lokális minimumok segítségével azonosíthatjuk őket. A ciklonok középpontját egy ilyen lokális minimumnak tekinthetjük. Ha figyelemmel kísérjük, hogy a középpontok az időben hogyan haladnak, akkor megkapjuk az adott ciklon által bejárt utat, azaz a ciklon-trajektóriát.

Jó összefoglalás található a mérsékeltövi ciklonokra alkalmazott lehetséges kereső- és követő algoritmusokról Neu et al. (2013) cikkében. A mediterrán ciklonok detektálására különböző módszereket alkalmazva természetesen más-más eredményt kapunk a ciklonok számát illetően, de általánosságban elmondható, hogy mindezek jó egyetértést mutatnak a ciklonpályák elhelyezkedésében, éves menetében, valamint a változást mutató trendekben (Lionello et al., 2016).

Felhasznált adatok

A doktori munkám során ebben a fázisban az azonosításhoz az ERA-5 reanalízis adatbázist használtunk. Az adatbázisból a rácsponti adatok $0,25^\circ$ térbeli felbontással érhetők el, 1 órás időbeli felbontás mellett. A ciklonok helyének meghatározása az átlagos tengerszinti légnyomás (MSLP¹) alapján történik. A detektálást az északi szélesség 27° – $54,5^\circ$ tartományban, illetve a nyugati hosszúság 12° és keleti hosszúság $36,5^\circ$ közötti területen végeztünk.

A ciklonkövető algoritmus

A ciklonokat detektáló algoritmus megalkotása R programnyelven (R Core Team, 2022) történt. A potenciális ciklonok azonosításához első lépésként a nyomási mezőben jelentkező lokális minimumokat jegyzi meg az algoritmus. Ehhez 9×9 rácspontból álló kisebb térségek kerülnek megvizsgálásra. Ez a terület kb. $1^\circ \times 1^\circ$ kiterjedésnek felel meg. A vizsgálat során a kiválasztott térség középső rácspontjának értéke kerül összevetésre a szomszédos értékekkel, tehát a többi

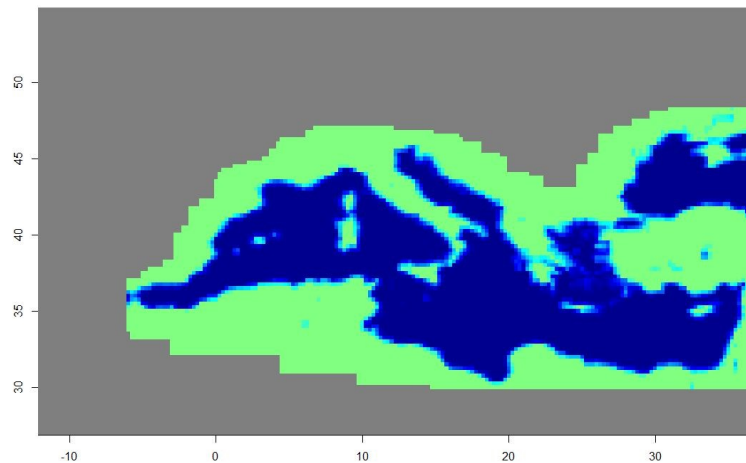
¹ Mean Sea Level Pressure

rácspontban található értékkel. Ha a középső rácspont értéke nagyobb, mint a környezőké, akkor elvetésre kerül, mint lehetséges lokális minimum, ha pedig alacsonyabb, akkor az algoritmus megjegyzi azt, mint lehetséges ciklonközéppontot. Ezt a vizsgálatot az egész célterületre elvégezzük. A lokális minimumok közül elvetjük azokat, melyek nyomási értéke meghaladja az 1013 hPa-t. A lehetséges középpontokról az alábbi rácsponti információkat tároljuk: légnyomási érték, földrajzi szélesség és hosszúság, dátum, időlépcső.

Második lépésként a lehetséges ciklonközéppontok összekötésével előállítjuk a ciklonok trajektóriáját. Ehhez a következő módon jár el az algoritmus: az i -edik időlépcsőben detektált lokális minimumot véve megvizsgálja, hogy a következő, azaz $(i+1)$ -edik időlépcsőben található-e lokális minimum annak 3° -os környezetében. Ha igen, akkor ehhez az $(i+1)$ -edik időlépcsőben megtalált lokális minimumhoz keressük a következő $(i+2)$ időlépcsőben tartozó lokális minimumot. Ha nincs a feltételnek megfelelő lokális minimum, akkor úgy vesszük, hogy a ciklon megszűnt, illetve nem valódi ciklont, hanem csak egy nyomási depressziót detektált az algoritmus a lokális minimumokban.

Előfordulhat, hogy több lokális minimum is 3° -on belül helyezkedik el az előző időpontban detektált lehetséges ciklonközépponttól. Ilyen esetben a mélyebb, azaz az alacsonyabb nyomási értékkel rendelkező lokális minimumot fogadjuk el a ciklonközéppont folytatásaként.

A fenti alapalgoritmussal megtalált ciklonokat és trajektóriákat további feltételek szerint tovább vizsgáljuk. Első körben elvetjük azokat a ciklonokat, amelyeknek élettartama nem éri el a 24 órát. Megnézzük azt is, hogy a ciklonközéppontok milyen földrajzi területen vonultak át. Ha a ciklonközéppont mozgása során egyetlen időlépcsőben sem közelíti meg a Földközi-tengert vagy közvetlen térségét, akkor azt elvetjük, hiszen ekkor nem felel meg a mediterrán ciklon fogalmának. Az ilyen ciklonok legtöbbször az Atlanti-óceán felől érik el Európát. A ciklonok elvetésre kerülnek, ha azok az 1. ábrán látható szürke területet nem hagyják el életük során.



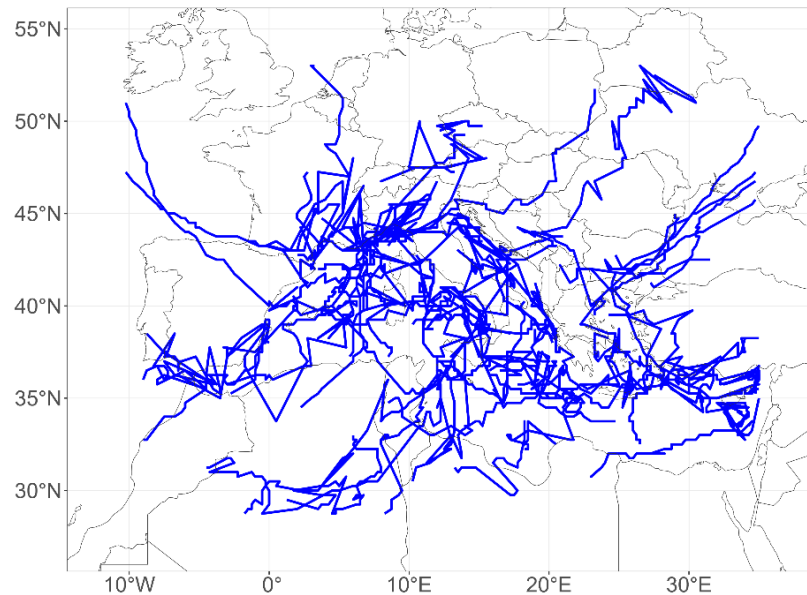
1. ábra: A célterületre alkalmazott maszkok. Kék jelöli a Földközi-tenger nyílt vízfelszínét, zöld pedig ennek a közvetlen környezetét. A szürkével jelzett területen belül maradó ciklonokat a vizsgálat során elvetjük, nem tekintjük azokat mediterrán ciklonoknak.

Előzetes eredmények

Az algoritmus tesztelése és validálása folyamatosan történik a doktori munka során. Előzetes elemzésként a 2010-2015-ös időszakot vizsgáltuk.

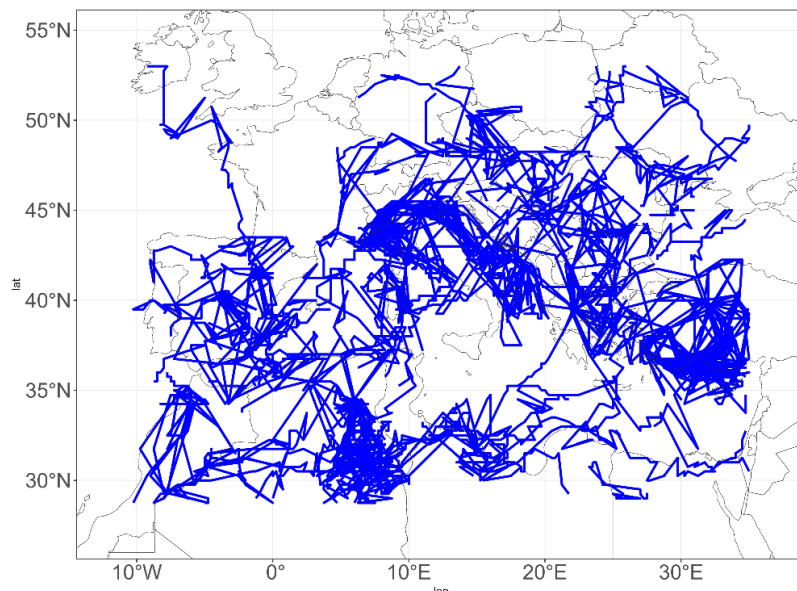
Példaként a 2. ábrán a 2014-2015 telén (pontosabban NDJF hónapokban) detektált ciklonpályák láthatók. Ebben az időszakban összesen 138 olyan trajektóriát azonosítottunk, amelynek élettartama legalább 24 óra volt. Az általunk tekintett mediterrán célterületet 115 érte

el az élettartama alatt legalább egy időlépcsőben. Azokat a trajektóriákat, amelyek összefonódnak, vagy egymásból válnak szét, kiszűrtük. Ilyen esetben a hosszabb trajektóriát tartja meg az algoritmus. Ezeknek a kritériumoknak 61 ciklon-trajektória felelt meg a 138-ból a fent említett téli időszakban.



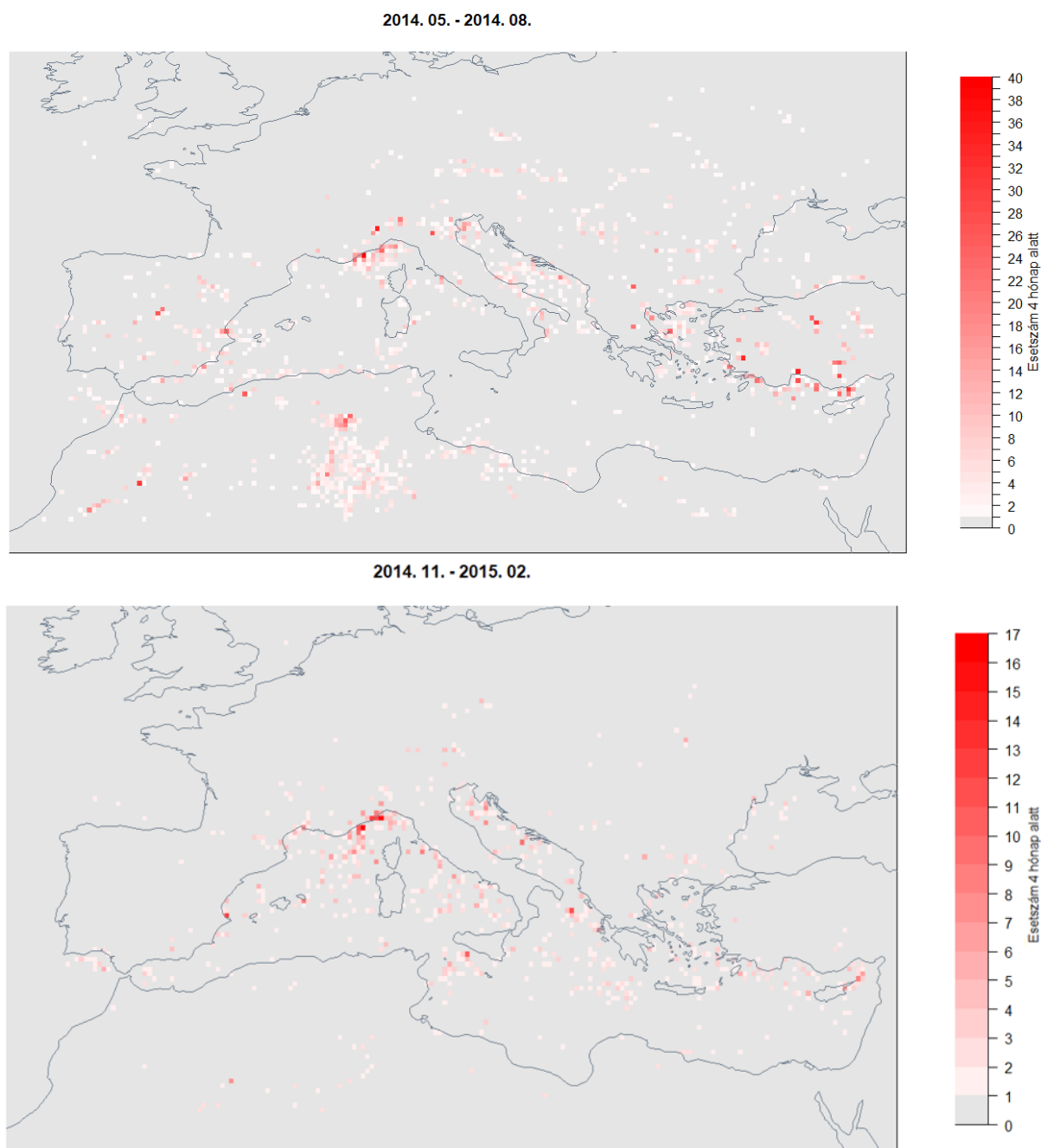
2. ábra: A 2014-2015 téli hónapjai (NDJF) során detektált ciklonpályák.

A 3. ábrán a 2014 nyári időszakában (pontosabban MJJA hónapokban) detektált trajektóriákat rajzoltuk fel. Jól látható, hogy nyáron több ciklon került detektálásra, mint az ezt megelőző téli időszakban. Összesen 469, amelyből 429 érte el a mediterrán céltértséget. Ezek közül a szétváló vagy összeolvadó trajektóriákat elvetve, végül 170 trajektória maradt.



3. ábra: A 2014 nyarán (MJJA) során detektált ciklonpályák.

A 4. ábrán a két vizsgált időszakban előforduló rácsponti ciklongyakoriságok láthatók. A térképek megmutatják, hogy adott rácsponton az adott időszakban összesen hány alkalommal detektált az algoritmus ciklonközpontot. A fenti, téli időszakot ábrázoló térképen elsősorban a Genovai-öböl térségét emelhetjük ki. Ez az évszaknak megfelelő a sokéves megfigyelések és várakozásaink alapján. Az alsó térképen a nyári időszakra jellemző elfordulások láthatók. A Genovai-öböl mellett sűrűn voltak jelen ciklonközpontok Afrika északi részén, az Atlasz-hegység körül, valamint a Földközi-tenger keleti medencéjében, Ciprus térségében.



További tervek

A doktori kutatás következő lépéseként a lehetséges ciklonközpontok meghatározásakor további kritériumokat adunk meg, mivel egyelőre előfordulnak olyan találatok is, amelyek egyértelműen nem ciklonhoz kapcsolódnak, és ezek kezelése növeli a számítási időt.

Miután a ciklonkereső és -követő algoritmus véglegesítésre került, statisztikai elemzést fogunk végezni az ERA5 által felölelt több évtizedre. A doktori kutatás végső célja a frontrendszer és csapadékszámok összekapcsolása a mediterrán ciklonokkal. Ezzel tisztább képet kapunk arról, hogy a jövőben hogyan változhat a csapadék a célterület egészén, valamint specifikusan a Kárpát-medencében.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00014 számú projekt, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap K-120605 és K-129162 számú projektjei keretében valósul meg.

Hivatkozások

- Lionello, P., Trigo, I.F., Gil, V., Liberato, M.L., Nissen, K.M., Pinto, J.G., Raible, C.C., Reale, M., Tanzarella, A., Trigo, R.M., Ulbrich, S., 2016: Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region: a consensus view among methods with different system identification and tracking criteria. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 68(1): 29391. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v68.29391>
- Neu, U., Akperov, M.G., Bellenbaum, N., Benestad, R., Blender, R., Caballero, R., Coccozza, A., Dacre, H.F., Feng, Y., Fraedrich, K., Grieger, J., 2013: IMILAST: A community effort to intercompare extratropical cyclone detection and tracking algorithms. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(4): 529–547. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00154.1>
- R Core Team, 2022: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Trigo, I.F., Davies, T.D., Bigg, G.R., 1999: Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region. *Journal of Climate*, 12(6): 1685–1696. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<1685:OCOCIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1685:OCOCIT>2.0.CO;2)

ORCID

- Dolgos E.  <https://orcid.org/0000-0002-7709-7926>
- Pongrácz R.  <https://orcid.org/0000-0001-7591-7989>
- Bartholy J.  <https://orcid.org/0000-0002-3911-7981>