

Új matematikai eljárások alkalmazási a lehetőségei mikroklímakutatásokban

SZALAI ZOLTÁN¹

Hazánkban több évtizedes múltra tekintenek vissza a mikroklíma-kutatások. Módszercik kidolgozásában JAKUCS P., MAROSI S. és SZILÁRD J. (1963, 1964, 1967) játszottak úttörő szerepet. Hegységi-hegylábi típus területen JUHÁSZ Á. (1992) 1:100 000-es m. a. geoökológiai térképek készítése során végzett mezoszintű klimatológiai feldolgozást. A fenti vizsgálatok folyamán azonban a mikroklíma-mérések eredményeinek értékelésénél mellőzniük kellett a hagyományos statisztikai eljárásokat, mivel egy adott mintaterületen egy bizonyos év jellegzetes periódusában, kedvező időjárási körülmények között csak egy-egy alkalommal végeztek 24 vagy 48 órás méréseket.

A statisztikai feldolgozáshoz szükségyszerűen kevés adatot szolgáltató mérések eredményeinek matematikai értelmezését elősegítő, a mikroklíma-kutatásoknál eddig még nem alkalmazott adatfeldolgozási eljárás alapjainak kidolgozására tettem kísérletet a Bükkalján, Tard közelében végzett mérések adatbázisa alapján. Mivel ezen a területen két egymásutáni esztendőben azonos helyekre lettek a műszerek kihelyezve, így lehetséges volt azt is vizsgálni, hogy egy mérésorozat eredményei a rá következő esztendők hasonló időszakainak mérési eredményeivel mennyire esnek egybe. Bár ez az eljárás hegyláb felszíni terület méréseinek adatbázisa alapján lett kidolgozva, elméletileg akár milyen területre alkalmazható.

A vizsgált terület rövid jellemzése

A Bükk felboltozódása és a Borsodi-Mezőség süllyedése miatt az egykoron egységes hegyláb felszínt a gyakran törésvonalak által is előreljelt, állandó medrű vízfolyások ÉÉNy–DDK-i lefutású hátakra és völgyekre tagolták. A kőzetek sávos–pásztás megjelenése miatt az eltérő kőzetminőség meghatározza a domborzat kipreparált formáinak a kiterjedését, valamint a létrejövő völgyek összes paraméterét (hosszúság, szélesség, keresztmetszetek, futásirány, oldalvölgyek típusa).

A Bükkaljának a Déli-Bükkhöz kapcsolódó része, az eocén korú kőzetekből álló sáv a legkevésbé tagolt, ami helyzetéből és kőzettani felépítéséből adódik. Ehhez kapcsolódik az oligocén rupéli korszakában keletkezett, lejtőhordalékkal fedett agyagos, homokos, márgás kőzetsáv, amelyen a pleisztocénban – a fagyott talaj-, ill. üledéktakaró felső rétegeinek időszakos felengedése miatt – a lejtőkön lapos csuszamlásvölgyek jöttek létre; ezeket később eróziós és deráziós folyamatok formálták tovább, E völgyek csuszamlásnyelveinek köszönhetően jöttek létre egyes völgytalpak nádasai, tocsogói (PAPP S. 1994).

¹ MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest

A terület egyik felszíni vízfolyásának vízhozama sem éri el az 1 m³/s-nál nagyobb vízmennyiséget, ami azt jelenti, hogy az egész Bükkalján összesen max. 2–3 m³/s víz folyik le. A lefutó patakok egy része el sem éri a Tiszát, hanem részben a porózus üledékekben vész el, ill. elpárolog.

PÉCZELY GY. (1979) Magyarországot a „hűvös éghajlatok” tartományában a „kontinentális éghajlat hosszabb meleg évszakkal” megjelölésű altípusba helyezi el. Ezen belül a Bükkalja Magyarország „mérsékeltlen meleg–száraz” éghajlati körzetében található, amelynek főbb jellemzői a következők:

– A *napfénytartam* évi összegének átlaga 2085 óra, ezen belül a tenyészidőszaké 1517 óra. A borult (felhőzet > 80%) napok száma 105, a derültké (felhőzet < 20%) 75 nap. A ködös napok évi száma 40.

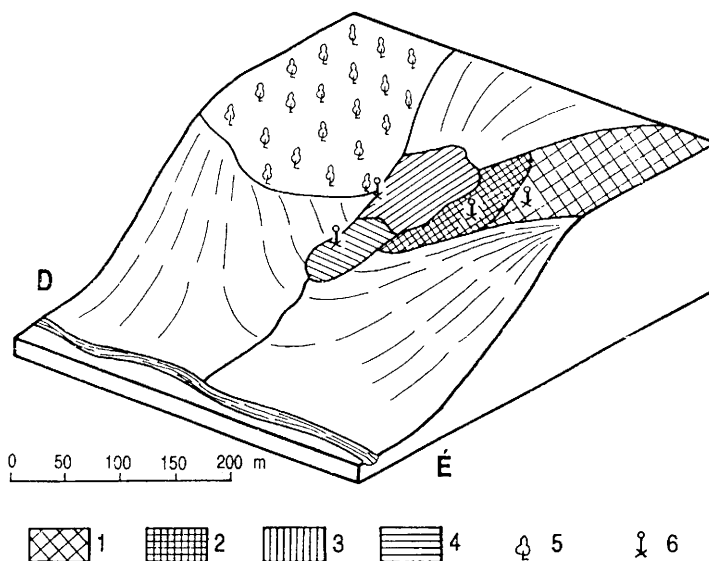
– Az *évi középhőmérséklet* 9,5 °C; a júliusi 20,5 °C; a januári –3 °C. A hőmérsékleti maximumok átlaga 33–34 °C, a téli legalacsonyabb minimumoké –17 °C. A havi középhőmérsékletek évi ingása 22–23 °C.

– A *csapadék* sokévi átlaga 550–600 mm közötti, a legcsapadékosabb hónap a június (70 mm), legszárazabb a január (< 30 mm), ami enyhén kontinentális jellegű csapadékjáráásra utal.

– A leggyakoribb *szélirány* januárban az É–D-i és az ÉNy–DK-i, júliusban az ÉNy–DK-i.

A mérőállomásokat Tardtól mintegy 500 km-re É-ra, a Lator-patak ÉNy–DK-i irányú széles völgyének egyik oldalágában állítottuk fel (1. ábra). Mértük a léghőmérsékletet 100 és 20 cm-en, valamint talajszinten; a talajhőmérsékletet 20 cm mélyen; a párolgást 100 és 20 cm-en, valamint a szélmagnitúdót.

Az állomásokat öt helyre telepítettük. Az 1. állomás az oldalvölgy É-i fekvésű lejtőjén (cseres-tölgyes), a 2. és 3. állomás időszakosan vízzel borított völgytalpon (magasságos, nádas), a 4. állomás az oldalvölgy D-i fekvésű lejtőjén (legelő), végül az 5. állomás tetőszint közeli szántó területen (búza) kapott helyet.



1. ábra. A Lator-patak oldalvölgyeinek geoökológiai típusai (szerk.: SZALAI Z. 1995). – 1 = szántó, búzatábla, tetőszint közeli terület; 2 = rét–legelő, pusztagyep, D-i kitettséű völgyoldal; 3 = vízhatás alatt álló terület, nádas (*Scirpo-Phragmitetum*), völgytalp; 4 = vízhatás alatt álló terület, magasságos (*Caricetum acutiformis-ripariae*), völgytalp; 5 = erdő, cseres-tölgyes (*Quercetum petraeae-cerris*), É-i kitettséű völgyoldal; 6 = mérőállomás

Geocological types of lateral valley of Lator stream (Ed. by Z. SZALAI, 1995). – 1 = arable, wheat fields close to the summit area; 2 = meadow-pasture, on a valley side with S exposure; 3 = reedy association on a water-affected valley bottom (*Scirpo-Phragmitetum*); 4 = high-sedgy association on a water-affected valley bottom (*Caricetum acutiformis-ripariae*); 5 = woods, Turkey oak association on a valley side with N exposure (*Quercetum petraeae-cerris*); 6 = measuring station

Az adatfeldolgozás logikai rendszere

Az adatok értékelését kétféle módszer alkalmazásával is elvégezhetjük. Az egyik módszer szerint két külön szakaszban közelíthetünk célunkhoz. Elsőként csak az egyik esztendő mérési napja alapján (esetünkben ez – a kedvezőbb időjárási viszonyok miatt – az 1993-as év) határozzuk meg a vizsgált terület különböző környezeti típusait, majd e típusok mikroklíma-viszonyok alapján történő jellemzésére kerül sor. A második szakaszban mindkét esztendő mérési napjának megfelelő adatait kell egymáshoz illeszteni, így vizsgálva a mikroklímátikus viszonyok állandóságát. A másik módszer szerint a mikroklíma-típusokat két év adatainak tükrében vizsgáljuk, eleve feltételezve a mikroklímátikus viszonyok – megfelelő feltételek közötti – állandóságát.

Ez utóbbiak bizonyítását is legalább kétféle módon lehet elvégezni. Az egyik módszer szerint az egy környezettípuson belüli (megfelelő) adatsorok hasonlóságát kell vizsgálni. (A kapott görbékre vonatkozóan azok lefutásának hasonlósága, nem pedig numerikus azonossága a lényeg!) A másik módszer szerint a különböző mikroklíma-típusok megfelelő adatsorainak egymástól való különbözőségét, ill. egymáshoz való viszonyuk változását kell figyelemmel követni.

Adatsorok összehasonlítása függvényanalízis útján

Különböző adatsorok matematikai összehasonlítása és jellemzése függvényanalízis útján történik. Első lépésben ehhez egy adatsorból függvényt, ill. függvényeket kell készíteni (*interpoláció*). Az interpoláció során a már ismert adatokból olyan függvényt készítünk, amely az alappontokban az adatsor értékeit veszi fel. Az egyik jelentős függvényosztály, amely az interpolációs feladatok megoldását szolgálja, a *polinomok*² osztálya. A polinomok helyettesítési értékei egyszerűen és gyorsan kiszámíthatók. Ugyancsak egyszerű a polinomok összeadása, szorzása, deriváltjának és integráljainak kiszámítása. Az *interpolációs függvények* előállítására több módszer is létezik.

A *Lagrange-interpoláció* valamely $x_0 \dots x_n$ alappontokban egyértelműen meghatároz egy legfeljebb $n-1$ -ed fokú p polinomot. Ennek kiszámítására létezik egy kis műveletigénnyel járó *rekurzív*³ módszer, az ún. *Newton-féle interpolációs polinom* közbeiktatásával. Legyen

$$N_k(x) = f[x_0] + f[x_0, x_1](x-x_0) + \dots + f[x_0 \dots x_k](x-x_0) \dots (x-x_{k-1}),$$
$$f[x_0 \dots x_{k+1}] = (f[x_1 \dots x_{k+1}] - f[x_0 \dots x_k]) / (x_{k+1} - x_0),$$

ahol $f[x_0] \dots, f[x_{k+1}]$ az általunk ismert adatsor.

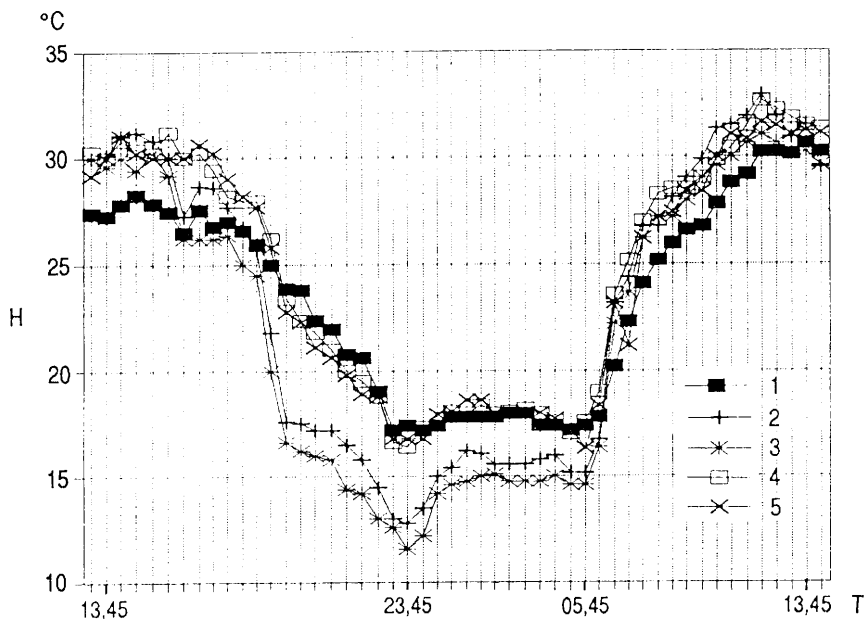
A polinom definíciójából adódik, hogy 48 alappont esetén (24 órás mérés 30 perces leolvasási időközökkel) 47-ed fokú polinomokat kapunk. A Lagrange-interpoláció könnyen előállítható, de szélső alappontok között ebben az esetben – a sok alappont miatt – rossz eredményt ad. Ezért ennek a módszernek az alkalmazásánál célszerű az alappontok közül néhány jellegzeteset kiválasztani (a későbbiekben már csak ezeknek a pontoknak alapján lehet dolgozni) és ezek alapján interpolálni. Így nyolc jellegzetes pont alapján egy hetedik fokú polinom számunkra már kellő pontossággal leírja a görbénk alakját.

Adatsorból való függvény képzés egy másik útja a *spline-interpoláció*. Ekkor az alappontok között szakaszonként interpolálunk, így egy *szakaszonként értelmezett függvényt* kapunk.

² A $P(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_nx^n$ utasítással értelmezett p függvényt n -ed fokú polinomnak nevezzük (ahol $a_0 \dots a_n$ valós számok).

³ Az önmagukat meghívó algoritmusokat *rekurzív*nak nevezzük.

Legáltalánosabban használt megvalósítása a szakaszonkénti lineáris interpoláció, mivel táblázati adathalmazt is könnyen lehet interpolálni (2. ábra). Ezt törőtvonal-interpolációnak vagy elsőfokú spline-nak is nevezik. Mivel táblázati adatsor állt rendelkezésünkre, így ezt a módszert találtuk legcélravezetőbbnek. Természetesen akár másod- vagy harmadfokú spline-okat is létrehozhatunk úgy, hogy az alappontok közötti szakaszokat másod-, ill. harmadfokú polinomokkal határozzuk meg, de ez hagyományos táblázatkezelő programokkal nem számítható. Az így kapott függvényeket többféleképpen hasonlíthatjuk össze:



2. ábra. Spline függvény ábrázolása táblázatkezelő programmal (Szerk.: SZALAI Z. 1995). – 1 = erdő; 2 = magassásos; 3 = rét; 4 = nádas szegély; 5 = búzatábla; T = idő; H = hőmérséklet 100 cm-es magasságban, 1993

Spline function delineation by spreadsheet program (Ed. by Z. SZALAI, 1995). – 1 = woods; 2 = high-sedge association; 3 = meadow; 4 = reed edge; 5 = wheat field; T = time; H = temperature on 100 cm heights in 1993

– Két adatsor függvényét egymásból kivonva, a kapott harmadik függvény határozott integrálja megadja a két adatsor közti különbséget. Ezt a módszert nehezebb számíthatósága miatt nem alkalmaztuk.

– A fent említett különbségfüggvény első deriváltját vizsgálva a két függvény különbségének a változását, azaz a változás mértékét figyelhetjük meg. Ha ez a változás csekély, azaz a két polinom különbsége megközelítőleg állandó, akkor az alakjuk megegyezik, vagy legalábbis hasonló.

– Két adatsorfüggvényének az első deriváltját hasonlítjuk össze. Ekkor a görbék meredekségének különbözőségét kapjuk meg (1. táblázat). Ez a módszer a görbék számszerű különbségének problémáját szűri ki. Az így kapott függvények esetében egyaránt vizsgálni lehet annak maximumát, minimumát, átlagát, az alappontokban felvett értékeinek szórását és a relatív szórási együtthatóját. Az eredmények megadják az eredeti görbék hasonlóságát.

– Az eredeti függvényekből számított első deriváltakkal végezve el az előbb említett számításokat, az azokból kapott eredmények akár az egyes mikroklíma-típusokat jellemezhetik. Eredményre vezethet még az is, ha részre bontva (napszakos bontásban) tanulmányozzuk a függvényeket.

– Mikroklíma-típusokat meghatározni több esztendő mérési eredményei alapján a mérések átlagának függvényével és annak deriváltjával is lehetséges.

1. táblázat. A mikroklíma-görbék meredekségének különbözősége

Hőmérséklet-mérés időpontja	ERDŐ	ERDŐ	ERDŐ	ERDŐ	ERDŐ	ERDŐ
	1993 derive	1994 derive	1993-1994	1993 derive	1994 derive	1993-1994
	100 cm	100 cm		20 cm	20 cm	
13.45	-0.1	-0.4	0.3	-0.2	-1.0	0.8
14.15	0.5	-0.3	0.8	0.5	-0.5	1.0
14.45	0.5	-1.1	1.6	0.4	-0.5	0.9
15.15	-0.4	1.3	1.7	-0.2	1.0	1.2
15.45	-0.4	-0.5	0.1	-1.0	-0.5	0.5
16.15	-1.0	0.0	1.0	-0.3	0.0	0.3
16.45	1.1	0.0	1.1	0.7	-0.5	1.2
17.15	-0.8	1.0	1.8	-0.6	1.0	1.6
17.45	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
18.15	-0.4	-1.0	0.6	-0.5	-0.5	0.0
18.45	-0.6	0.0	0.6	-0.6	-0.5	0.1
19.15	-1.0	-0.2	0.8	-1.0	-0.2	0.8
19.45	-1.1	-0.7	0.4	-1.1	-0.3	0.8
20.15	-0.1	-0.6	0.5	-1.0	-0.7	0.3
20.45	-1.4	-0.2	1.2	-0.4	-0.3	0.1
21.15	-0.4	0.0	0.4	-0.5	0.0	0.5
21.45	-1.2	-0.3	0.9	-1.0	-0.4	0.6
22.15	-0.2	0.0	0.2	-0.4	-0.2	0.2
22.45	-1.6	0.0	1.6	-1.3	0.0	1.3
23.15	-1.8	-0.5	1.3	-1.6	-0.4	1.2
23.45	0.2	-0.3	0.5	0.2	-0.5	0.7
00.15	-0.2	0.0	0.2	-0.4	0.0	0.4
00.45	0.2	0.3	0.1	0.4	0.5	0.1
01.15	0.4	0.0	0.4	0.0	-0.5	0.5
01.45	0.0	-0.5	0.5	0.2	0.0	0.2
02.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02.45	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
03.15	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
03.45	0.0	-1.0	1.0	-0.1	-1.0	0.9
04.15	-0.6	0.0	0.6	-0.3	0.0	0.3
04.45	0.0	0.5	0.5	0.0	1.0	1.0
05.15	-0.2	1.0	1.2	-0.3	0.0	0.3
05.45	0.2	0.5	0.3	0.3	0.5	0.2
06.15	0.4	0.1	0.3	0.5	0.7	0.2
06.45	2.4	0.5	1.9	2.1	0.7	1.4

Az 1. táblázat folytatása

Hőmérséklet-mérés időpontja	ERDŐ	ERDŐ	ERDŐ	ERDŐ	ERDŐ	ERDŐ
	1993 derive	1994 derive	1993-1994	1993 derive	1994 derive	1993-1994
	100 cm	100 cm		20 cm	20 cm	
07.15	2.1	0.9	1.2	2.0	0.6	1.4
07.45	1.8	0.3	1.5	1.8	0.5	1.3
08.15	1.1	0.3	0.8	1.1	0.5	0.6
08.45	0.8	0.4	0.4	1.1	0.6	0.5
09.15	0.6	0.9	0.3	0.8	0.0	0.8
09.45	0.2	0.6	0.4	0.4	0.9	0.5
10.15	1.0	0.4	0.6	0.6	0.6	0.0
10.45	1.0	0.5	0.5	0.8	0.4	0.4
11.15	0.4	0.2	0.2	0.7	0.2	0.5
11.45	1.0	0.4	0.6	0.8	0.3	0.5
12.15	0.0	0.5	0.5	-0.1	0.8	0.9
12.45	-	-	-	-	-	-
<i>Átlag</i>	<i>0.061</i>	<i>0.065</i>	<i>0.691</i>	<i>0.059</i>	<i>0.05</i>	<i>0.591</i>
<i>Szórás</i>	<i>0.878</i>	<i>0.528</i>	<i>0.505</i>	<i>0.806</i>	<i>0.527</i>	<i>0.441</i>
<i>Szórási együttható</i>	<i>14.421</i>	<i>8.102</i>	<i>0.731</i>	<i>13.734</i>	<i>10.532</i>	<i>0.746</i>
<i>Maximum</i>	<i>2.4</i>	<i>1.3</i>	<i>1.9</i>	<i>2.1</i>	<i>1.0</i>	<i>1.6</i>
<i>Minimum</i>	<i>-1.8</i>	<i>-1.1</i>	<i>0.0</i>	<i>-1.6</i>	<i>-1.0</i>	<i>0.0</i>

Összefoglalás

A mikroklíma-kutatások módszertani továbbfejlesztése érdekében végzett vizsgálatok eredményei három pontban foglalhatók össze:

1. Sikertült a mikroklíma-vizsgálatok adatai feldolgozásához egy olyan matematikai eljárás alapjait kidolgozni, amely az általánosan elterjedt táblázatkezelő programok segítségével (pl. Quattro Pro, Excel) is számítható.

2. A vázolt számítási eljárás alkalmazásával lehetőség nyílik olyan adatsorok feldolgozására is, amelyek a kis adatmennyiség miatt tisztán statisztikai módszerekkel nem értelmezhetőek.

3. A módszer környezeti típustól függetlenül alkalmazható különböző mikroklíma-típusok vagy több év adatsorainak az összehasonlítására.

IRODALOM

- GISBERT, S.–TAKÓ G. 1993. Numerikus módszerek I. – ELTE-TypoTEX, Budapest, pp. 209–239.
 HORTOBÁGYI T.–SIMON T. (szerk.) 1981. Növényföldrajz, társulástan és ökológia. – Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 228–259.

- JAKUCS P.–MAROSI S.–SZILÁRD J. 1963. Mikroklíma mérések a Jaba-völgyben (Külső-Somogy). – Földr. Ért. 12. pp. 357–378.
- JAKUCS P.–MAROSI S.–SZILÁRD J. 1964. Mikroklíma mérések és természeti földrajzi megfigyelések az Osztopáni meridionális völgyben. – Földr. Ért. 13. pp. 425–446.
- JAKUCS P.–MAROSI S.–SZILÁRD J. 1967. Mikroklíma mérések és komplex természeti földrajzi típusvizsgálatok a belső-somogyi futóhomokon (Nagybajom). – Földr. Ért. 16. pp. 161–181.
- JUHÁSZ Ágoston 1992. Ipari térségek környezeti hatásvizsgálata és geoökológiai térképezése. – Földr. Ért. 44. pp. 91–114.
- JUHÁSZ Árpád 1987. Évmilliók emlékei. – Gondolat Kiadó, Budapest, 511. p.
- Magyarország Éghajlati Atlasza. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960.
- MÓRICZ F. 1991. Numerikus analízis I. (kézirat). – Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 35–91.
- PAPP S. 1994. A Bükkalja mezőgazdasági potenciáljának feltárása reprezentatív típusszelvény alapján. (kézirat). – Kandidátusi értekezés, pp. 7–31.
- PÉCZELY GY. 1979. Éghajlatlan. – Tankönyvkiadó, Budapest, 336 p.

THE OPENING OF NEW MATHEMATICAL METHOD APPLICATIONS
AT MICROCLIMATE RESEARCH

by Z. Szalai

S u m m a r y

Up to present processing of the results of microclimate research had to be done without using traditional statistical method. Processing the data of such measurements requires the mathematical description of the data and the results. I worked out the basis of a new method which can also be used with few data using function-analysis.

The essence of the method is the following: The data series are transformed to function by Lagrange interpolation or spline interpolation. Then the derivate is calculated and the values of this function can be examined in the original points of reference by statistical methods. The results:

- The basis of a mathematical method for analysis of microclimate data was worked out, which can be applied with standard spreadsheet program.
- This method assists the analysis of limited data series.
- The method can be used independently of the type of the environment.

Translated by the author