

ХАРМОНИЧЕН АНАЛИЗ НА ГОДИШНИЯ ХОД НА ВАЛЕЖИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Ст. Велев и Ст. Кръстев

Методът на хармоничния анализ е добре известен на математическата статистика. Той се прилага при изясняване на същността на различни периодични явления в техниката и естествознанието [6].

Ходът на явлениято в природата е неправилен и кривите, които го описват, нямат еднакво число екстремни точки за определен период от време. В математиката е доказано обаче, че всяка комплексна емпирична крива, колкото и да е сложна, може да се представи като сума от налагането на отделни синусоидални криви. Синусоидалната крива представлява стойностите на синуса, нанесени на координатна система с деления на абсцисата от 0 градуса до 360 градуса и деления на ординатата от -1 до $+1$ (фиг.1). Отделянето на тези съставни синусоидални криви с различен период в много случаи подпомага изследването на генезиса на наблюдаваното явление. Механизмът на това отделяне е хармоничният анализ. В него се използва разлагането на дадена функция чрез редовете на Фурие. Ако функцията има крайно число точки (наблюдения), те се изразяват с двойно по-малък брой синусоидални криви или хармоници (названията „хармоничен“ и „хармоник“ произлизат от гръцки език и означават „равномерен“). Първият хармоник има период, равен по дължина на периода на изследване, вторият — на половината от него, третият — една трета част, и т. н. При определянето на отделните хармоници се определя и тяхната амплитуда и фазов ъгъл (фиг.1). Амплитуда е разстоянието от средната линия до екстремните точки по ординатата, а фазов ъгъл е разстоянието по абсцисата от началото до момента на настъпване на максимумите и минимумите. Общата работна формула е [9]:

$$R = A_0 + A_1 \sin(30^\circ t + \Phi_1) + A_2 \sin(60^\circ t + \Phi_2) + \dots + A_6 \sin(180^\circ t + \Phi_6),$$

където t е времето в месеци;

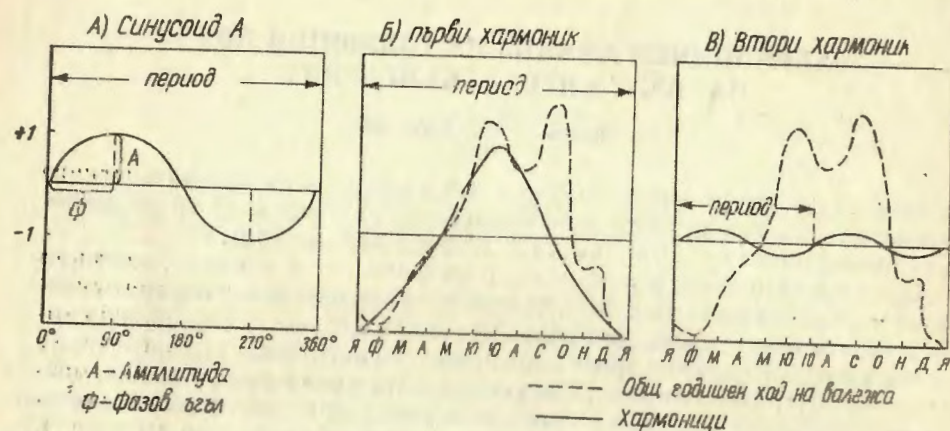
A_0 — средното аритметично от наблюденията;

A_1, A_2, \dots, A_6 — амплитудата на шестте хармоника;

$\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_6$ — фазовите ъгли на шестте хармоника.

Сумата от амплитудите на отделните хармоници дава общата амплитуда на емпиричната крива. Фазовите ъгли показват времето на настъпване на екстремумите. В много случаи различните хармоници са обусло-

вени от различни причини и обясняването на техния ход е възможно и лесно, докато общата емпирична крива е сложна и трудно обяснима. Такъв е случаят например с изследването на честотата на звука във физиката, много периодични явления в техниката и др. В областта на метеорологията и хидрологията хармоничният анализ също е прилаган.



Фиг. 1. Разлагане на общия годишен ход на съставни хармоници (по Хорн и Брайсън)

Най-често чрез него се е търсила и откривала периодичността в метеорологичен или хидроложки ред, отнасящ се за дадена станция. Сираков и Джолов [7] посочват механизма на работа и дават пример с изследване на валежите в станция Елена за 60 години. Разкриват се добре изразени периоди с дължина 10 — 12 и 30 — 33 години. При географските изследвания отдавна са прилагани различни математически методи. Морфометричните способности и статистическите методи за установяване на корелация между отделните физикогеографски компоненти са постоянен помощник в работата на географа. С. В. Калесник [4] специално спира вниманието си на изследването на периодичността в географските явления чрез хармоничния анализ. Хорн и Брайсън [8] предлагат метода да се приложи при изследване на годишния ход на валежите над даден район. За целта те използват дванадесетте средни месечни данни от 30-годишен период за всички станции от района. Разкрива се участието на всичките шест хармоника в кривата на годишното разпределение. В този случай периодът на първия хармоник е една година, периодът на втория — шест месеца, на третия — четири месеца, на четвъртия — три месеца, на петия — два месеца и дванадесет дни и на шестия — два месеца (фиг. 1) Установява се количественото участие на отделните хармоници в общия ход на валежа и времето на настъпване на екстремните стойности за всеки хармоник поотделно с точност до един ден. Когато в наблюдаваната крива на годишния валежен ход преобладава коли-

чественото участие на първия хармоник, то значи, че в годишния ход има един главен максимум и един главен минимум. Фазовият ъгъл определя техните точни дати. Когато преобладаващ дял има вторият хармоник, в годишното разпределение има два главни максимума и два главни минимума, следващи през три месеца (фиг. 1). При участие на повече (три, четири, пет или шест) хармоници годишният ход няма изразен максимум и минимум (напр. ст. Бургас). Така приложен, анализът спомага за определяне на териториалните различия в хода на валежите. Ако получените данни се нанесат на карта, получават се ясно обособени териториални единици, обединяващи станции с еднакъв годишен ход на валежите.

Недостатъците при използване на хармоничния анализ във валежната климатология произтичат от формалния характер на метода. Съвършено ясно е, че определянето на точните граници на валежните режими е сложен въпрос, който не може да се реши така бързо. Районирането на един или друг хармоник не означава окончателно решение. Трябва да се отбележи и много голямата трудоемкост на метода, който може лесно и бързо да се приложи само с използване на електронноизчислителни машини. Независимо от тези недостатъци на метода авторите считат, че прилагането му при изследване на валежния режим в България допринася за обективното изясняване на този сложен въпрос. Необходимо е да се подчертае, че тук не се дава количествен израз на влиянието на физикогеографските фактори за формирането на годишния валежен режим. Обективността при използването на този метод се състои в математическото третиране на кривата на валежния режим.

Целта на нашето изследване е да се приложи хармоничният анализ при изучаване на пространственото разпределение на валежите в България. Използувани са средни месечни валежни суми за периода 1936 — 1965 г. от 238 станции. Подбрани са станции, които имат редовни наблюдения през изследвания период. По този начин е избягната необходимостта от удължаване или попълване на редиците. Избраните пунктове са сравнително равномерно разпределени по територията на страната.

Изследванията върху валежите в България разкриват, общо взето, правилна годишна периодичност с един максимум и един минимум. Много от станциите показват още един допълнителен максимум и минимум, т. е. добре изразена полугодишна периодичност. При извършване на изчисленията за първия и втория хармоник ние установихме, че за 73% от станциите годишната крива се изразява напълно (повече от 95%) от тези хармоници. Голяма част от останалите станции показват малки отклонения от това условие. Като изключение трябва да се посочат наблюденията в района на Бургаския залив (северната му част), крайбрежието на река Дунав в участъка Лом — Свищов, Същинска Средна гора и Граово. В станциите на тези райони участието на трети и четвърти хармоник е значително. Годишният ход на валежа в посочените райони не е ясно изразен, максимумите и минимумите следват през един и поло-

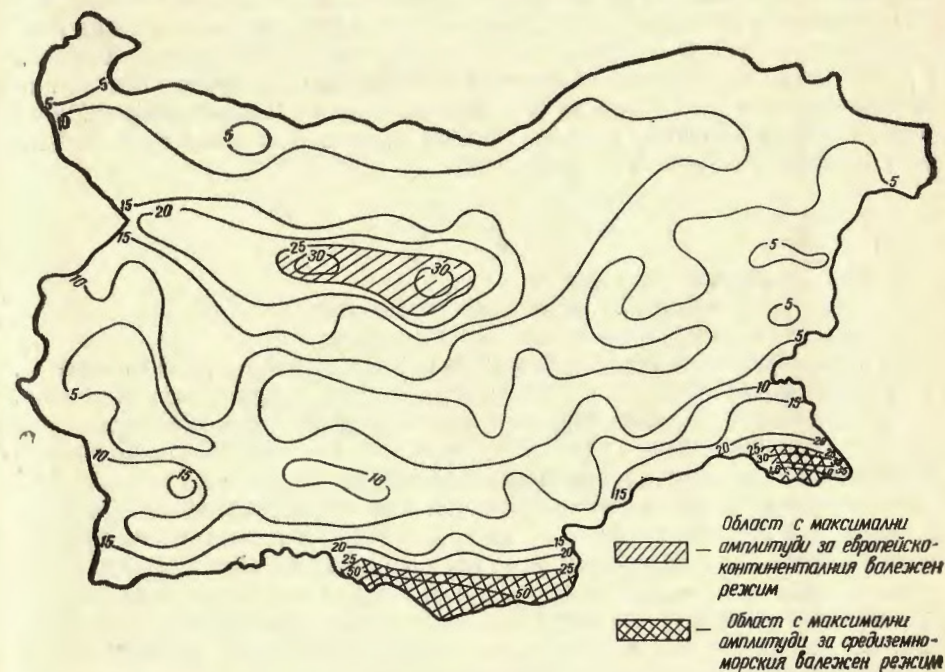
вина — два месеца. За точното изясняване на причините са необходими по-подробни изследвания. В нашата работа ние се ограничихме с изследването на първия и втория хармоник. Всички резултати от изчисленията са представени на отделни карти (фиг. 2 — 6). Картата на фазовия



Фиг. 2. Фазов ъгъл на първия хармоник (в градуси)

ъгъл на първия хармоник (фиг. 2) показва датите на настъпването на максималния валеж за едногодишен период. Поради това, че графиката на първия хармоник представлява синусоидална крива, става ясно, че датите на минимумите отстоят на шест месеца от датите на максимумите. На картата се обособяват ясно две области. Едната обхваща Дунавската равнина, Стара планина, Преходната област и северната и централната част на Рило-Родопския масив. Тя има ясно изразен максимум през месеците май — юни и минимум през месеците ноември — декември. Другата област обхваща Осогово-Беласишката планинска редица, долините на Струма и Места, южната част на Рило-Родопския масив, Сакаротранджанската област и тясна ивица от черноморското крайбрежие. Максимумът на валежите в тази област е през втората половина на ноември, декември и първата половина на януари. Забелязват се определени различия в отделни части на областта. В Югозападна България (Пирин и долината на Струма и Места) и източната част на Странджа с черноморското крайбрежие максимумът е през втората половина на ноември и през декември. В южната част на Родопите, долините на Арда и Марица и Сакаротранджанските възвишения максимумът е през първата

половина на януари. Преминаването от единия в другия режим (майско-юни към ноемвриско-декемвриско максимум) става със скок в местата, където амплитудата на първия хармоник е нула, или има много малка стойност. Фазовият ъгъл тук също няма стойност. На картата това са



Фиг. 3. Амплитуда на първия хармоник

линии и точки на съгъстяване на изолините. Те маркират точно границите между двата режима.

При изчисляването на фазовия ъгъл на втория хармоник (изменение с полугодишен период) се оказва, че стойностите му за цялата страна са еднакви — максимуми през второто и третото десетдневие на месеците май и ноември и минимуми през второто и третото десетдневие на месеците февруари и август. Картата на този хармоник не е представителна и затова не се помества.

Амплитудите (максималните отклонения от средната стойност) на първия хармоник са представени на фиг. 3. Открояват се големите стойности за районите с добре изразен годишен ход. За областта с ясно изразено континентално влияние това е районът на Дунавската равнина без най-северната и източната ѝ част, Западния и Централния Предбалкан и Западна и Централна Стара планина. За средиземноморското влияние това е районът на долината на Струма, Пирин, южната част

от долината на Места, най-южните части на Родопите, долината на Арда и Сакаро-Странджанската област. Между посочените райони се намира обширна преходна зона с много малки стойности на амплитудите. Тук спада и най-северната част на Дунавската равнина и Добруджа. Прави впечатление очертаването на две много добре изразени зони с максимални за страната стойности на амплитудата. Едната е в района с изразено континентално влияние — Централен Предбалкан (ст. Ябланица, Тетевен, Троян, Стоките, Габрово), а другата е в района с изразено средиземноморско влияние — Странджа (ст. Малко Търново, Граматиково, Мичурин). Картата на фиг. 4 показва общата вариация на амплитудите. Данните за нея са получени от формулата

$$V = \frac{A_1^2}{2} + \frac{A_2^2}{2},$$

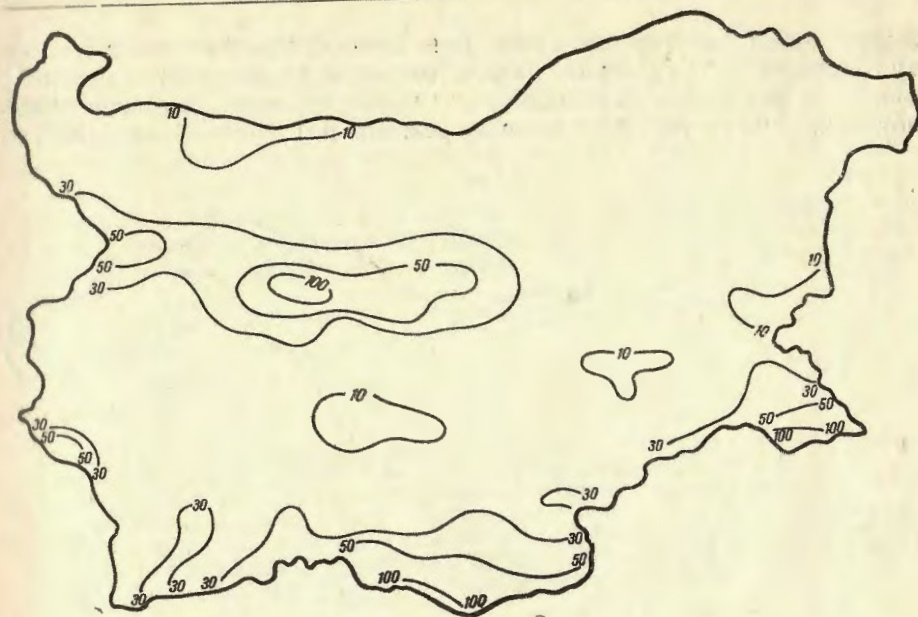
където V е общата вариация;

A_1 — амплитудата на първия хармоник;

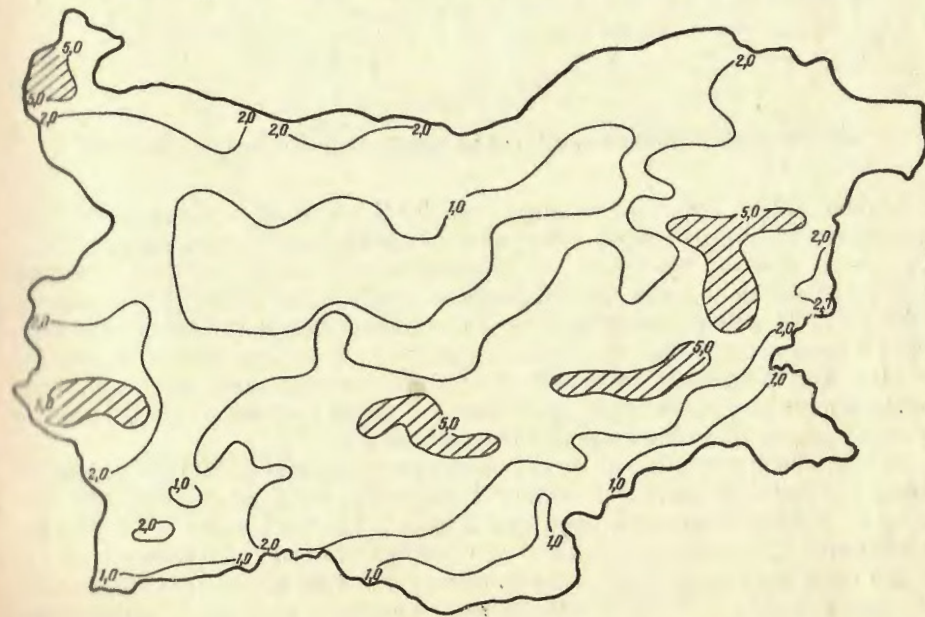
A_2 — амплитудата на втория хармоник.

От тази карта личи обособяването на същите райони, както и на фиг. 3. Голямата вариация съответствува на ясно изразен годишен ход на валежа. В станция Малко Търново амплитудата на първия хармоник представя 80% от годишната амплитуда, т. е. това е станцията с най-ясно подчертан годишен ход на валежа в страната. Амплитудите на втория хармоник за цялата страна са почти еднакви и картата не е представителна. От сравняването на картите на фиг. 5 и фиг. 6 се виждат границите на преходната област между районите с ясно изразен годишен ход. Първата карта представя отношение на втория към първия хармоник, а втората — областите, където вторият хармоник представя повече от 70% от годишния ход на валежа. И двете карти показват, че областите с два максимума и два минимума на валежа (преходни) обхващат: Краище, Кюстендилската котловина, северната част на Рило-Родопския масив с Разлсжката котловина, Горнотракийската низина, южните части на Средна гора, Източна Стара планина с източните Подбалкански полета, източната част на Дунавската равнина и Добруджа. Вътре в посочената преходна област има няколко много добре обособени петна: Кюстендилско поле, Пловдивско поле, долината на Тунджа между Сливен и Елхово, Котленският Балкан, долината на Камчия и Провадийското плато. Това са областите в България с най-добре изразен преходен характер в годишния ход на валежите. Феноменален е случаят със станция Дъскотна (долината на Луда Камчия), която има годишен ход, напълно покриващ се със синусоидата на втория хармоник (99,4%). Като самостоятелен район се отделя най-северозападната част на страната между долините на реките Тимок и Арчар и тясна ивица по река Дунав между Лом и Свищов. Тези резултати потвърждават изследванията на Д. Димитров за същия район [3]. За изясняване на причината са необходими детайлизирани изследвания.

Хармоничният анализ крие главното си достойнство във възможността обективно да се районира съответният климатичен елемент. Относно ва-



Фиг. 4. Обща вариация на амплитудите на първия и на втория хармоник



Фиг. 5. Отношение на амплитудата на втория към амплитудата на първия хармоник

лежите прави впечатление слабо изразеното орографско влияние върху годишния им ход до 2400 м надм. височина, което показва, че главният фактор за формиране на годишния ход е атмосферната циркулация. Като потвърждение на този факт се явява режимът на станция Мусала (2925 м)



Фиг. 6. Дял на втория хармоник от общия годишен ход (в проценти)

с много добре изразен годишен ход (88% на първия хармоник), максимумът на който е през февруари, а минимумът е през август. Този режим е съвсем различен от годишния ход на по-ниските станции (1000—1800 м) в Рила. За съжаление липсата на станции в пояса от 2400 до 3000 м не позволява да се установи каквато и да било закономерност в това отношение. Може да се предполага, че причината за този годишен ход в станция Мусала са средиземноморските циклони. При оклюдиране над наша територия топлият въздух и валежът през зимата засягат само най-високопланинските райони.

В заключение трябва да се изтъкне, че в страната се обособяват три големи валежни области: 1) област с добре изразен континентален режим — главен максимум през май и юни и главен минимум — август-септември; 2) преходна област — максимуми през май и ноември и минимума през февруари и август, и 3) област с добре изразено средиземноморско влияние — главен максимум ноември и декември, главен минимум юни—август. При сравняването на всички резултати от изследва-

нето ясно се очертават границите между трите области. От тях особено изразена е границата между средиземноморското влияние и преходната област. Тя може да бъде приета за граница между двете основни климатични влияния — европейско-континенталното и средиземноморското. Споровете по отношение на това, кой климатичен елемент е най-удачен за климатично райониране, са нецелесъобразни. Ясно е, че за установяване на климатични райони в България по количествен път е необходима обективна трактовка на всички климатични елементи и преди всичко на самия климат като комплекс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годев, Н. и К. Такев — Многофакторен регресионен анализ с последователни стъпки на приближение, „Хидрология и метеорология“, № 5, 1967.
2. Годев, Н. и К. Такев — Многофакторен дискриминантен анализ, сп. „Хидрология и метеорология“, № 3, 1968.
3. Димитров, Д. — Бележки относно годишното разпределение на валежите в част от Северозападна България, Изв. на Бълг. геогр. д-во, том II (XII), 1959.
4. Калесник, С. В. — Общие географические закономерности Земли, Москва, 1970.
5. Пановский, Г. А., Г. В. Брайер — Статистические методы в метеорологии, Ленинград, 1967.
6. Серебрянников, М. Г. — Гармонический анализ, Москва, 1944.
7. Сираков, Д., Г. Джолов — Върху приложението на хармоничния анализ за изследване на хидрологични и метеорологични данни, сп. „Хидрология и метеорология“, № 3, 1969.
8. Horn, L., R. Bryson — Harmonic analysis of the precipitation over the United States, Annals of the Association of American geographers 2, VI, 1960.
9. Spatial Analysis — a reader of statistical geography Prentice hall, 1968.
10. Conrad, V., L. W. Pollak — Methods in climatology, Cambridge, 1950.

L' ANALYSE HARMONIQUE DE LA MARCHE ANNUELLE DES PRÉCIPITATIONS EN BULGARIE

St. Vêlev, St. Krastev

R é s u m é

On utilise l'analyse harmonique dans cette recherche pour l'établissement des régularités dans la marche annuelle des précipitations. Au fond de la méthode se trouve le développement de la courbe annuelle en divers oscillations sinusoïdaux (les harmoniques) en utilisant les séries de Fourier. En examinant l'angle de la phase et l'amplitude de divers harmoniques de 238 stations pour 30 ans, se sont constituées trois grandes régions de régime pluvial en Bulgarie: 1 (la région avec un régime continental bien souligné, 2) la région de transition et 3) la région avec une influence méditerranéenne bien soulignée. Des deux frontières naturelles la deuxième est très bien tracée et on peut l'accepter comme la frontière entre l'influence continentale et l'influence méditerranéenne dans la climatologie pluvial de Bulgarie (fig. 2).

Les auteurs considèrent que pour l'établissement des régions climatiques en Bulgarie par la voie quantitative est indispensable une interprétation objective complexe des tous les éléments climatiques.