



واکاوی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی در استان مازندران

حسین عساکره^۱، لیلا حسینجانلی^{۲*}

چکیده

یکی از روش های مفید برای شناخت و پیش بینی پدیده های اقلیمی نظیر بارش زنجیره مارکف می باشد. زنجیره مارکف مدلی است که در آن حالت فعلی سیستم به حالت های قبلی آن وابسته است. با کاربرد زنجیره مارکف می توان احتمال وقوع و دوره های بازگشت پدیده های اقلیمی من جمله بارش را محاسبه کرد. در پژوهش حاضر با کاربرد آمار بارش روزانه ایستگاه های همدید استان مازندران (از بدو تاسیس تا ۲۰۱۵) تواتر و تداوم روزهای بارانی و خشک با کاربرد مدل زنجیره مارکف مورد مطالعه قرار گرفته است. آمار روزهای بارش بر اساس ماتریس شمارش تغییر حالات رخداد روزهای خشک و تر (روزهای فاقد بارش و روزهای بارانی) مرتب شده است و بر اساس روش بیشینه درست نمایی ماتریس تغییر حالت محاسبه گردیده است. بعد از بدست آوردن ماتریس احتمال، ماتریس مزبور با توان های مکرر پایا و دوره های بازگشت روزانه مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است. همچنین دوره های بازگشت برای بارش های دو تا پنج روز برای روزهای خشک و بارانی مورد ارزیابی قرار گرفته است و یکبار احتمال وقوع این دوره ها بر اساس ماتریس پایا بررسی شده است. نتایج حاکی از آن است که بر اساس ماتریس پایا، دوره های بازگشت دامنه ای بین ۳-۱۰ روز برای احتمال روزهای بارانی و ۱-۳ روز برای احتمال روزهای خشک را دارند و برای نمونه، احتمال بارش با تداوم دو روزه بین ۱۹٪- از توزیع ناهمگنی برخوردار می باشد.

واژگان کلیدی: تداوم، بارش، زنجیره مارکف، مازندران.

1 - استاد اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان

2 - دانشجوی دکتری تغییر اقلیم، دانشگاه زنجان

Email: asakereh@znu.ac.ir

Email: hosseinjanileila@gmail.com



مقدمه

حالت های مختلف عناصر آب وهوایی حاصل کنش و واکنش اجزای مختلف سامانه آب و هوا است که موجب شکل گیری تنوع مکانی و تغییرات زمانی رویدادهای آب وهوایی است. بارش عنصر مهم اقلیمی است که بر منابع مکانی و فعالیت های کشاورزی تأثیر بسزا دارد و توزیع مکانی و زمانی آن در مکان های مختلف متفاوت می باشد. می توان گفت سری بارش فرایندی تصادفی است. فرایندهای تصادفی به پدیده هایی گفته می شوند که نمی توان نتیجه آنها را پیش از رخ دادن به طور قطع معلوم کرد (عساکره، ۱۳۸۷: ۴۷). رویدادهای اقلیمی از فرایند تصادفی پیروی می کنند و به طور دقیق نمی توان آنها را پیش بینی کرد، اما می توان با قوانین احتمالاتی احتمال وقوع این فرایندها را به دست آورد. در این زمینه مطالعات متفاوتی بر روی رویدادهای اقلیم انجام شده است. کاهش اثرات رویدادها و پدیده هایی مانند خشکسالی یا سیلاب نیازمند پیش بینی آن در مقیاس زمانی و مکانی می باشد. بنابراین بررسی رفتار دوره های مرطوب و خشک از ضروریات یک منطقه است. در این راستا مدل زنجیره مارکف برای برآورد دوره های تر و خشک کوتاه و بلند مدت مناسب می باشد.

(لانا^۱ و بورژنو، ۱۹۹۸: ۷۹۳) به منظور مطالعه حالت تر و خشک ۳۴ ساله در ایالت کاتالونیا (شمال شرق اسپانیا) با زنجیره مارکف (با آزمون کولموگراف - اسمیرنف) دریافتند که زنجیره مارکف برای جنبه های مهم کمی از جمله دوره های تر و خشک و احتمالات ثابت مربوط به مقادیر متفاوت بارش بهتر از توزیع نمایی است. (بیکل، ۲۰۰۲: ۱۲)^۲ مدل سازی زنجیره مارکف را برای بررسی اثرات ENSO روی فصول بارش اتیوپی انجام داد که روشی مناسب برای برنامه ریزی کشاورزی و اثرات آنسو بر بارش تشخیص داده است. (چنل^۳، ۲۰۰۳: ۲۹۱) از زنجیره مارکف برای احتمال وقوع هفته های

1 -Lana & Burgueno

2-Bekele

3-Chorale

تر و خشک برای برنامه ریزی کشت دیم در کلهپور استفاده کرد. (لینارتسن، ۲۰۰۸: ۴۲) مدل‌سازی بارش را با استفاده از زنجیره مارکف چندگانه برای ۲۰ ایستگاه در سوئد انجام داد. این مدل زنجیره را وابسته به مدل تصادفی در نظر گرفته است که متشکل از مدل احتمال وقوع بارش در ایستگاه‌های هواشناسی و مدل مقدار بارش در ایستگاه‌ها هنگام رخداد بارش است که به همراه این مدل از روش گوسین و توزیع تجربی برای مقادیر کمتر از آستانه و توزیع پارتو برای تعمیم مقادیر بارش بیش از حد آستانه استفاده شده است. نتایج توزیع شاخص‌های مدل شده و داده‌های تجربی همپوشانی داشته و تاییدی بر صحت مدل است. (داستیدار^۲، ۲۰۱۰: ۳۹) از مدل زنجیره مارکف برای شبیه‌سازی باران‌های موسمی چهار ایستگاه هواشناسی در منطقه بنگال هند استفاده کرد و از تئوری بیزین برای تعیین مرتبه مدل زنجیره مارکف بهره برد و نتایج کار نشان داد که مرتبه سوم مدل زنجیره مارکف بهترین توصیف الگوی بارش را برای تمام ایستگاه‌ها دارا است. (فریر^۳ و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۶۲) به منظور مدل‌سازی مراتع تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی، با به کارگیری فرایند مارکف در کشور مراکش بدین نتیجه رسیدند که اثرات اقتصادی و زیست محیطی خشکسالی در شبیه‌سازی انجام شده فراتر از پیش‌بینی‌های هواشناسی است. در ایران نیز مطالعات فراوانی با بهره‌گیری از مدل زنجیره مارکف انجام شده است: (حقیقت‌جو و همکاران، ۱۳۸۱) رای ارزیابی احتمال خشکسالی و ترسالی سیستان با توجه به دبی رودخانه هیرمند با بکارگیری زنجیره مارکف دریافتند که در درازمدت احتمال وقوع خشکسالی‌ها ۴۷/۵٪ و احتمال وقوع ترسالی ۳۵٪ می‌باشد و در بقیه مواقع ۱۷/۵٪ جریان متوسط می‌باشد. (عساکره، ۱۳۸۷: ۴۶) در پژوهشی با مطالعه احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی در شهر تبریز دریافت که زنجیره مارکف دو حالتی مناسبی بر حالت‌های بارش روزانه این شهر دارد و همچنین روزهای توأم با بارندگی از فصل زمستان به سمت بهار افزایش می‌یابد. پایش و پیش‌بینی

1 -Lennart son

2- Dastidar

3 -Freire & et al.

خشکسالی با بهره مندی از زنجیره مارکف نشان دهنده احتمال وقوع بیشتر وضعیت نرمال آب و هوایی در بیشتر ایستگاه های استان خراسان رضوی می باشد. (علیزاده و اشگر طوسی، ۱۳۸۷: ۲۳۴)

(عساکره و مازینی، ۱۳۸۹: ۴۴)؛ (بیات و زندوکیلی، ۱۳۸۹) تداوم روزهای خشک استان گلستان و روزهای یخبندان شهر زنجان را مورد بررسی قرار دادند که نتایج بیانگر این بود که در گلستان تعداد روزهای بارانی و خشک تابعی از ارتفاع و میزان بارندگی و در شهر زنجان نتایج مطالعه نشان داد که برآورد دوره های بازگشت یخبندان حدود ۳ روز و دوره بازگشت عدم یخبندان حدود ۱/۵ روز می باشد. (جلالی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۳۵)

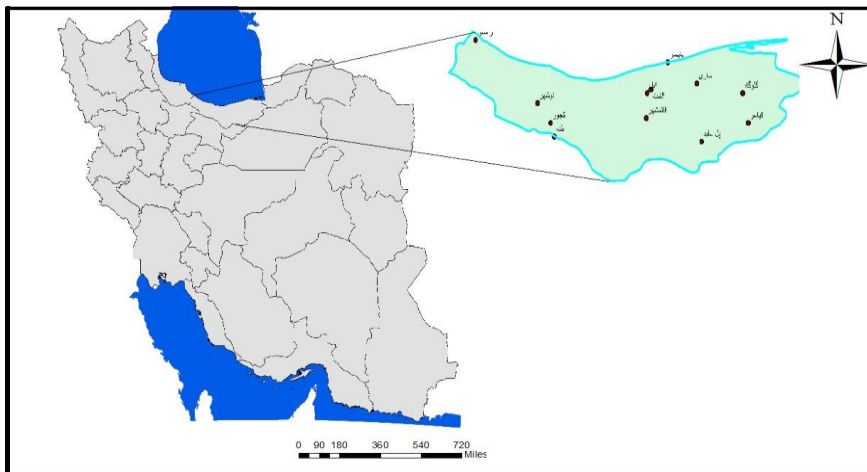
احتمال وقوع روزهای بارانی در شهر ارومیه را با استفاده از مدل زنجیره مارکف مطالعه کردند. نتایج مطالعات نشان داد که بیشترین احتمال وقوع روزهای بارش در بهار به ویژه ماه آوریل می باشد. همچنین (سلیقه و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۵) پراکنش فضایی بارش فصول مرطوب استان اردبیل را با مدل زنجیره مارکف انجام دادند و نشان دادند که نسبت دوره های خشک به کل دوره مطالعه بسیار زیاد و دوره های خشک و مرطوب کوتاه مدت بیشتر از دوره های خشک و مرطوب بلندمدت اتفاق می افتد و سپس احتمال هر کدام از بارش های متوالی را محاسبه کردند. (بنی مهد و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۷) با مدل زنجیره مارکف و روش خطی-لگاریتمی به تحلیل خشکسالی در استان مازندران پرداخته اند و نشان دادند که مدل از قدرت مناسبی با معلوم بودن گروه های شدت خشکسالی در دو ماه قبلی برخوردار می باشد و مدل خطی-لگاریتمی ابزار مناسبی برای اعلام هشدار اولیه به کشاورزان و برنامه ریزان در اوایل پاییز است. (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۹) احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی شهر شیراز را با این مدل انجام دادند. نتایج نشان داد که احتمال وقوع بارش در هر روز ۰/۱۱۶۷ درصد و احتمال عدم وقوع بارش ۰/۸۸۳۳ درصد می باشد. قرار گرفتن استان مازندران در ناحیه خزری و انجام فعالیت های کشاورزی در این استان اهمیت بررسی بارش را برای این استان نشان می دهد. لذا با توجه به اهمیت منابع آبی برای این استان شناخت احتمالاتی وقوع و عدم

وقوع بارش (شرایط خشکی) در این استان به منظور برنامه ریزی و مدیریت منابع آبی در بخش کشاورزی حائز اهمیت می باشد.

مواد و روش ها

ناحیه مطالعاتی

در بررسی حاضر از آمار بارش روزانه ایستگاه های سینوپتیک استان مازندران با دوره آماری از بدو تاسیس تا ۲۰۱۵ استفاده شده است. این داده های آماری از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردیده است.



شکل (۱): محدوده جغرافیایی منطقه مطالعاتی (استان مازندران)

زنجیره مارکف

زنجیره مارکف روشی ریاضی برای مدلسازی فرایندهای تصادفی است که تداومی از مشاهدات را در طول زمان نشان می دهند. زنجیره مارکف با دو ویژگی فضای حالت و مرتبه شناخته می شود. اگر سیستم برای بارش روزانه تعریف شود فضای حالت S در یک روز معین یکی از دو وضعیت $S = \{w, d\}$ خواهد بود. که در آن d معرف روز خشک و w معرف روز تر است. مرتبه زنجیره مارکف مشخص می کند که حالت فعلی

سیستم به چند حالت قبلی بستگی دارد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰) در این مطالعه مقدار بارندگی در روز معین فقط بستگی به مقدار بارندگی روز قبل دارد. بیان ریاضی آن به صورت رابطه (۱) است:

$$p_r\{x_{t+1}|x_t, x_{t-1}, \dots, x_1\} = p_r\{x_{t+1}|x_t\} \quad (۱)$$

این رابطه بیان می کند که حالت یک متغیر در زمان t صرفاً به حالت آن در زمان $t-1$ وابسته است نه به مسیری که سیستم از طریق آن به حالت فعلی رسیده است. بنابراین چهار حالت روز خشک بعد از روز خشک P_{dd} ، روز بارانی بعد از روز خشک P_{dw} ، روز بارانی بعد از یک روز بارانی P_{ww} ، و روز خشک بعد از یک روز بارانی P_{wd} وجود دارد. احتمالات انتقال شرطی برای زمان $t+1$ خواهد بود. برای مثال به شرط اینکه امروز بارانی باشد فردا با چه احتمالی بارانی است و یا با چه احتمالی خشک است. روابط (۲) احتمالات شرطی را بیان میکند.

$$\begin{aligned} P_{dd} &= P_r\{x_{t+1} = 0|x_t = 0\} \\ P_{dw} &= P_r\{x_{t+1} = 1|x_t = 0\} \\ P_{dw} &= P_r\{x_{t+1} = 0|x_t = 1\} \\ P_{ww} &= P_r\{x_{t+1} = 1|x_t = 1\} \end{aligned} \quad (۲)$$

در گام بعدی ماتریس فراوانی انتقال از روی داد های گسسته با استفاده از رابطه (۳) بدست می آید که برای محاسبه ماتریس احتمال تغییر حالت مورد نیاز می باشد.

$$F = \begin{matrix} & \begin{matrix} D & W \end{matrix} \\ \begin{matrix} D \\ W \end{matrix} & \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} \\ n_{21} & n_{22} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (۳)$$

این ماتریس فراوانی تغییر حالت را از خشکی به خشکی، خشکی به مرطوب، مرطوب به خشک و مرطوب به مرطوب نشان می دهد. سپس ماتریس احتمال براساس روش درستنمایی پیشینه از روابط (۴) بدست می آید.

$$P_{dd} = \frac{n_{dd}}{n_{dd} + n_{dw}} \quad P_{wd} = \frac{n_{wd}}{n_{wd} + n_{dww}}$$

$$P_{dw} = \frac{n_{dw}}{n_{dd} + n_{dw}} \quad P_{ww} = \frac{n_{ww}}{n_{wd} + n_{ww}} \quad \text{روابط (۴)}$$

آزمون های آماری

آزمون کای دو (χ^2) (chi-square)

پس از تعیین ماتریس احتمال، انتقال برآزش مدل زنجیره مارکف بر سری داده ها انجام شد. برای این منظور از آزمون χ^2 (chi-square) رابطه (۵) استفاده شد. فرض صفر (H_0) بر مستقل بودن سری ها تاکید دارد. (یعنی داده ها از زنجیره مارکف مرتبه مورد نظر که در اینجا دو است، پیروی نمی کنند) (هوگلاین و همکاران: ۲۰۱۱).

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن n_{ij} و e_{ij} به ترتیب فراوانی های انتقال مشاهده شده و مورد انتظار در گذر از حالت i به j است. χ^2 محاسبه شده با درجه آزادی $(r-1)$ و $(c-1)$ ، (r و c) تعداد سطر و ستون های ماتریس است. درجه آزادی از رابطه (۵) با χ^2 جدول مقایسه می شود اگر χ^2 جدول بزرگتر باشد، فرض صفر رد می شود.

آزمون روند (Run Test)

ایستا بودن زنجیره مارکف بدین معنی است که وقوع بارندگی طی دوره بررسی، روند قابل ملاحظه ای ندارد. (بختیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۳). به منظور بررسی ایستا بودن زنجیره از آزمون ران تست در محیط نرم افزار *MINITAB* استفاده شد و مشخص گردید که داده های بارش روزانه ایستگاه های مورد بررسی همگن و تصادفی هستند. سپس با تعیین ماتریس احتمال انتقال زنجیره مارکف احتمال تداوم روزهای خشک و تر بررسی شد. در گام بعدی ماتریس احتمال پایا با به توان رساندن احتمال تغییر حالت بدست آمد که این ماتریس نشان دهنده تغییر وضعیت یک حالت در دراز مدت می باشد (عساکره،

۱۳۸۷:۴۸). در گام بعدی امید ریاضی دوره بازگشت هر کدام از بردارهای پایا بر اساس رابطه (۶) محاسبه گردید. امید ریاضی دوره بازگشت هر زنجیره یعنی متوسط زمان لازم برای بازگشت زنجیره به حالت اولیه را گویند. (عساکره، ۱۳۸۷: ۴۶).

$$E(T_j) = \frac{1}{\pi_j} \quad \text{رابطه (۶)}$$

از کاربردهای زنجیره مارکف برآورد احتمال وقوع یک رویداد با تداوم m روزه است (بختیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۸). احتمال m روزه (P_m) بر اساس احتمال پایای روز خشک یا مرطوب (p) و عدم آن (q) با کاربرد رابطه (۷) بدست آمد. و دوره های بازگشت آن با رابطه (۸) محاسبه شد.

$$P_m = P^{m-1} \times q \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$T_m = \frac{1}{P^{m-1}(1-P)} \quad \text{رابطه (۸)}$$

یافته های تحقیق

مشخصات سری زمانی داده های بارش روزانه ایستگاه های مورد بررسی در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): مشخصات آماری داده های بارش روزانه ایستگاه های مازندران از بدو تاسیس تا ۲۰۱۵.

ایستگاه ها	تعداد روزهای بارانی	دوره مورد مطالعه	میانگین بارش روزانه	بیشینه بارش روزانه	انحراف معیار بارش روزانه	ضرب تغییرات بارش روزانه
ساری	۱۳۹۴	۲۰۱۵-۱۹۹۹	۱/۶۹	۸۵/۴	۶/۱۹	۳۶۵/۲۵
رامسر	۵۶۱۲	۲۰۱۵-۱۹۵۶	۲/۴۸	۲۰۷	۸/۹۶	۳۶۱/۶۸
پل سفید	۱۹۹۱	۲۰۱۵-۲۰۰۳	۱/۵۶	۶۶	۴/۴۷	۲۸۵/۸۶
کیاسر	۱۵۰۵	۲۰۱۵-۲۰۰۲	۱/۲۳	۱۰۴	۵/۰۱	۴۰۷/۲۷
کجور	۱۱۶۹	۲۰۱۵-۲۰۰۶	۰/۸۹	۵۵	۳/۰۱	۳۳۶/۰۳
قائم شهر	۲۶۵۶	۲۰۱۵-۱۹۸۴	۱/۵۵	۹۶	۵/۶۰	۳۶۱/۰۹
گلوگاه	۸۵۴	۲۰۱۵-۲۰۰۵	۱/۴۹	۹۹	۶/۱۷	۴۱۳/۴۲
بلده	۴۸۰	۲۰۱۵-۲۰۰۶	۰/۶۹	۴۳	۲/۷۷	۴۰۰/۰۲
بابلسر	۵۸۵۶	۲۰۱۵-۱۹۵۶	۲/۳۵	۱۴۴	۷/۸۰	۳۳۱/۱۳
الشت	۱۱۸۶	۲۰۱۵-۲۰۰۳	۱/۱۵	۵۸	۳/۶۸	۳۱۹/۴۸
نوشهر	۴۰۱۲	۲۰۱۵-۱۹۷۷	۲/۸۶	۱۶۸	۹/۶۱	۳۳۶/۰۵
امل	۱۰۴۵	۲۰۱۵-۲۰۰۱	۱/۴۵	۷۹	۵/۴۴	۳۷۳/۹۳

فراوانی وقوع بارش نشان می دهد که ایستگاه های بابلسر و رامسر بیشترین تعداد روز بارانی و بلده کمترین تعداد روز بارانی را داشته است. بیشینه روز بارش با ۲۰۷ میلیمتر متعلق به ایستگاه رامسر و کمترین بلده با ۴۳ میلیمتر بارش در یک روز را دارا می باشد. روزهایی که میانگین بارش بیشتری داشته اند از حداکثر بارش روزانه بیشتری برخوردار بوده اند. ضریب تغییرات بارش بالا نشان از نایکخواختی و همگن نبودن بارش روزانه در ایستگاه های مورد مطالعه دارد که کیاسر بیشترین ضریب تغییرات و پل سفید کمترین ضریب را داراست.

در میان ایستگاه های مطالعاتی نتایج ماتریس فراوانی نشان داد که بیشترین فراوانی شرطی دو روز متوالی خشک مربوط به رامسر و بابلسر و بیشترین فراوانی دو روز متوالی مرطوب مربوط به رامسر، بابلسر و قائمشهر می باشد. بر اساس آزمون آماری خی دو برای ارزیابی ماتریس حالت مارکفی در سطح ۰/۰۵ مشخص گردید شواهد کافی برای پذیرش فرض صفر (استقلال داده ها و عدم پیروی از زنجیره مارکف دو حالتی) وجود ندارد و بدین جهت فراوانی حالات انتقال، از زنجیره مارکف دو حالتی پیروی می کنند. همچنین نتایج آزمون *run test* در نرم افزار *Minitab* ایستا بودن زنجیره را نشان می دهد. مطالعه ویژگی های مهم مرتبط با دوره های تر و خشک کوتاه مدت و احتمالات شرطی و احتمال تداوم پی در پی روزهای خشک و تر به کمک زنجیره مارکف از نتایج این تحقیق است. برآورد ماتریس احتمال داده های فراوانی براساس بیشینه درستنمایی بدست آمده است. جدول (۲) احتمالات پایا و احتمالات شرطی وقوع روزهای تر و خشک و دوره بازگشت ماتریس پایا ایستگاه های مازندران را نشان می دهد. حداکثر مقدار متوسط *pww* کیاسر و سپس الشت و بابلسر می باشد. می توان گفت که حداکثر احتمال بارش به شرط اینکه روز قبل هم بارش باشد با میزان بارش روزانه ارتباط مستقیم ندارد و به صرف زیاد بودن بارش نمی توان گفت احتمال شرطی *pww* نیز در یک ایستگاه نسبت به ایستگاه های دیگر بالاست. همچنین حداکثر مقدار احتمال *pdd* بلده و سپس آمل می باشد. احتمال دو روز خشک متوالی در

ایستگاه های دامنه ای بین ۸۱ تا ۸۹ درصد است. در صورتیکه احتمال دوروز متوالی مرطوب دامنه ای بین ۳۲ تا ۵۴ درصد می باشد.

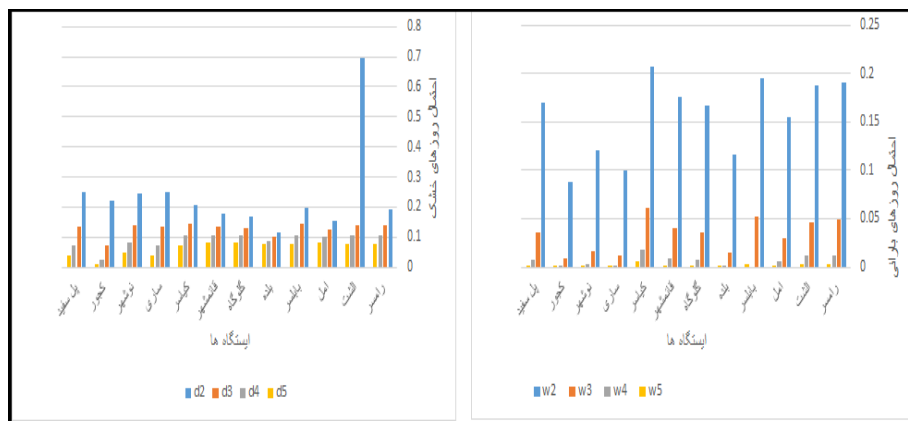
جدول (۲): احتمالات پایا و احتمالات شرطی و دوره بازگشت ماتریس پایا ایستگاه های مازندران

Pww	pwd	pdw	pdd	احتمالات پایا		دوره بازگشت احتمال پایا		نام ایستگاه
				π_0	π_1	π_0	π_1	
.۴۹۴۰	.۵۰۶۰	.۱۷۴۲	.۸۲۵۸	.۷۴۳۹	.۲۵۶۱	۱/۳	۳/۹	رامسر
.۵۰۳۴	.۴۹۶۶	.۱۶۵۴	.۸۳۴۶	.۷۵۰۲	.۲۴۹۸	۱/۳	۴	الشت
.۳۹۳۳	.۶۰۶۷	.۱۴۳۱	.۸۵۶۹	.۸۰۹۱	.۱۹۰۹	۱/۲	۵/۲	امل
.۵۰۸۵	.۴۹۱۵	.۱۷۹۲	.۸۲۰۸	.۷۳۲۸	.۲۶۷۲	۱/۳۶	۳/۷	بابلسر
.۳۲۰۸	.۶۷۹۲	.۱۰۴۸	.۸۹۵۲	.۸۶۶۳	.۱۳۳۷	۱/۱	۷/۴	بلده
.۴۴۸۵	.۵۵۱۵	.۱۴۹۰	.۸۵۱۰	.۷۸۷۳	.۲۱۲۷	۱/۲	۴/۷	گلوگاه
.۴۵۲۶	.۵۴۷۴	.۱۶۱۰	.۸۳۹۰	.۷۷۲۷	.۲۲۷۳	۱/۲۹	۴/۳	قائم شهر
.۵۴۶۲	.۴۵۳۸	.۱۸۹۴	.۸۱۰۶	.۷۰۵۵	.۲۹۴۵	۱/۴	۳/۳	کیاسر
.۴۶۴۸	.۱۶۳۲	.۵۳۵۲	.۸۳۶۳	.۵۴۲۰	.۱۱۲۷	۱/۸	۸/۸	ساری
.۵۳۲۲	.۴۶۷۸	.۱۸۳۴	.۸۱۶۶	.۵۷۳۲	.۱۴۰۲	۱/۷	۷/۱	نوشهر
.۵۶۵۴	.۴۳۴۶	.۲۰۹۷	.۷۹۰۳	.۳۲۷۶	.۰۹۶۹	۳	۱۰/۳	کجور
.۶۴۵۹	.۳۵۴۱	.۲۵۵۸	.۷۴۴۲	.۵۳۹۰	.۲۱۸۲	۱/۸	۴/۵	پل سفید

ماتریس احتمال پایای هر کدام از احتمالات شرطی با به توان رساندن ماتریس احتمال بدست آمد که از یک مقدار به بعد با به توان رساندن ماتریس هیچ تغییری در ماتریس ایجاد نمی شود و درایه های ماتریس در ستون های متناظر یکسان خواهد بود. (عساکره، ۱۳۸۷: ۴۶) این ماتریس احتمال حالت پایا نشان می دهد که در مدت طولانی احتمال وقوع مثلا روز بارانی و روز فاقد بارش چقدر است. با توجه به جدول (۲) که دوره بازگشت بردار احتمال پایای زنجیره در ایستگاه ها بیان شده است، برای نمونه بلده به طور متوسط هر ۱/۱ روز فاقد بارش و هر ۷/۴ روز با بارش همراه می باشد. کجور و پل سفید نیز هر کدام با دوره بازگشت ۸ و ۱۰ روزه احتمال وقوع بارش همراه هستند.

جدول (۳): احتمال تداوم پی در پی روزهای بارانی و خشک بر اساس ماتریس احتمال پایا

احتمال تداوم روزهای خشک				احتمال تداوم روزهای بارانی				
D5	D4	D3	D2	W5	W4	W3	W2	
۰/۱۱۹	۰/۱۰۹	۰/۱۱۲	۰/۱۹۴	۰/۰۲۳	۰/۰۷۷	۰/۱۲۱	۰/۳۶۷	ساری
۰/۰۹۲	۰/۱۲۵	۰/۱۵۲	۰/۱۹۴	۰/۰۳۵	۰/۰۷۹	۰/۱۶۸	۰/۳۹۶	رامسر
۰/۱۰۲	۰/۱۲۳	۰/۱۷۰	۰/۲۰۷	۰/۰۲۷	۰/۰۹۶	۰/۱۶۶	۰/۳۷۶	کیاسر
۰/۱۰۶	۰/۱۰۴	۰/۱۲۰	۰/۱۷۶	۰/۰۲۹	۰/۰۵۰	۰/۱۳۰	۰/۴۰۳	قائم‌شهر
۰/۱۰۷	۰/۱۳۴	۰/۰۹۵	۰/۱۸۲	۰/۰۱۷	۰/۰۵۷	۰/۱۱۹	۰/۳۴۴	گلوگاه
۰/۰۵۸	۰/۰۷۸	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۲۵	۰/۰۵۶	۰/۱۹۸	بلده
۰/۰۹۷	۰/۱۱۶	۰/۱۵۳	۰/۲۰۸	۰/۰۴۶	۰/۰۸۰	۰/۱۶۷	۰/۳۹۸	بابلسر
۰/۰۹۳	۰/۱۰۸	۰/۱۳۱	۰/۱۳۵	۰/۳۰۹	۰/۰۲۷	۰/۱۲۰	۰/۳۶۷	امل
۰/۱۱۶	۰/۱۰۷	۰/۱۵۴	۰/۱۹۸	۰/۰۴۰	۰/۰۶۷	۰/۱۳۳	۰/۳۶۷	الشت
۰/۰۸۳	۰/۱۱۷	۰/۲۱۷	۰/۲۴۸	۰/۹۹۷۸	۰/۰۷۵	۰/۲۰۳	۰/۴۳۴	کجور
۰/۱۱۴	۰/۱۲۶	۰/۲۴۴	۰/۳۰۱	۰/۰۸۴	۰/۱۳۱	۰/۲۳۸	۰/۴۱۵	پل سفید
۰/۱۱۴	۰/۱۱۹	۰/۱۵۹	۰/۲۰۶	۰/۰۵۰	۰/۰۹۹	۰/۱۶۷	۰/۳۸۵	نوشهر



شکل (۱): نمودار احتمال روزهای بارانی و خشک دوروزه، سه روزه، چهار روزه و پنج روزه بر اساس ماتریس احتمال پایا

جدول (۳) و نمودار ۱، احتمال تداوم پی در پی روزهای بارانی و خشک دو روزه، سه روزه، چهار روزه و پنج روزه را بر اساس بردار ماتریس پایا و بر اساس رابطه (۷) نشان می‌دهد. که دامنه احتمال بارش دوروزه بین ۰/۱۹ تا ۰/۰۸، برای تداوم بارش سه روزه ۰/۱ تا ۰/۰۵، برای چهار روزه ۰/۰۱ تا ۰/۰۰۰۸، و برای تداوم پنج روز بارانی دامنه احتمال

بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۰۰۷ می باشد. به همین ترتیب دامنه احتمال تداوم دو روز متوالی خشک ۰/۱۹-۰/۶۹، روزهای خشک سه روزه ۰/۰۷-۰/۱۴، روزهای خشک چهار روز ۰/۰۲-۰/۱۰ و روزهای خشک پنج روز ۰/۰۷-۰/۰۸ می باشد. جدول (۴) احتمال ساده وقوع تداوم های تر و خشک را در ایستگاه های مازندران نمایش می دهد. می توان نتیجه گرفت با کاهش میزان احتمال بارندگی، احتمال تداوم روزهای خشک افزایش می یابد. دامنه روزهای تداوم دو روزه بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۴، سه روزه بین ۰/۰۵-۰/۰۲، چهار روزه بین ۰/۰۲-۰/۰۱ و تداوم پنج روزه بارش ۰/۰۱-۰/۰۹ می باشد. همچنین تداوم روزهای خشک دو روزه دامنه ای بین ۰/۰۳-۰/۰۱، روزهای پی در پی خشک سه روزه ۰/۰۸-۰/۰۱، چهار روزه ۰/۰۷-۰/۰۱ و پنج روزه ۰/۰۵-۰/۰۱ را دارا می باشد. احتمال ساده تداوم دوروزه وقوع بارش در ایستگاه کجور بالاترین و در بلده کمترین احتمال می باشد. احتمال بالاترین تداوم های بارش سه روزه در پل سفید و کمترین آن برای بلده، تداوم چهار روزه بالاترین مربوط به ایستگاه پل سفید و کمترین احتمال وقوع بارش چهار روزه برای بلده و بالاترین احتمال بارش پنج روزه برای ایستگاه کجور و کمترین احتمال وقوع بارش پنج روزه برای ایستگاه بلده می باشد. همچنین احتمال بالاترین تداوم خشکی دو روزه در ایستگاه پل سفید و کمترین آن در بلده، بیشترین احتمال تداوم خشکی پنج روزه متعلق به ساری و کمترین آن مربوط به بلده می باشد.

جدول (۴): احتمال ساده تداوم پی در پی روزهای بارانی و خشک ایستگاه های سینوپتیک استان مازندران

ایستگاه				π_1 احتمالات پایا				π_0 احتمالات پایا			
				W5	W4	W3	W2	D5	D4	D3	D2
رامسر	۱۹۰۵	۰۴۸۷	۰۱۲۴	۰۰۳۲	۱۹۰۵	۱۴۱۷	۱۰۵۴	۰۷۸۴	۱۰۵۴	۱۴۱۷	۱۹۰۵
الشت	۱۸۷۳	۰۴۶۸	۰۱۱۶	۰۰۲۹	۱۸۷۳	۱۴۰۵	۱۰۵۴	۰۷۹۱	۱۰۵۴	۱۴۰۵	۱۶۹۳۹
امل	۱۵۴۴	۰۲۹۴	۰۰۵۶	۰۰۱۰	۱۵۴۴	۱۲۴۹	۱۰۵۴	۰۸۱۸	۱۰۱۱	۱۲۴۹	۱۵۴۴
بابلسر	۱۹۵۸	۰۵۲۳	۰۱۳۹	۰۰۳۷	۱۹۵۸	۱۴۳۴	۱۰۵۴	۰۷۷۰	۱۰۵۱	۱۴۳۴	۱۹۵۸
بلده	۱۱۵۸	۰۱۵۴	۰۰۲۰	۰۰۰۲	۱۱۵۸	۱۱۵۸	۱۰۰۳	۰۷۵۳	۰۸۶۹	۱۰۰۳	۱۱۵۸
گلوگاه	۱۶۷۴	۰۳۵۶۱	۰۰۷۵	۰۰۱۶	۱۶۷۴	۱۲۷۴	۱۳۱۸	۰۸۱۷	۱۰۳۷	۱۳۱۸	۱۲۷۴
قائم شهر	۱۷۵۶	۰۳۹۹	۰۰۹۰	۰۰۲۰	۱۷۵۶	۱۲۵۶	۱۳۵۷	۰۸۱۰	۱۰۴۸	۱۳۵۷	۱۲۵۶
کیاسر	۲۰۷۷	۰۶۱۱	۰۱۸۰	۰۰۵۳	۲۰۷۷	۲۰۷۷	۱۴۵۵	۰۷۲۹	۱۰۳۴	۱۴۵۵	۲۰۷۷
ساری	۰۹۹۹	۰۱۱۲	۰۰۱۲	۰۰۰۱	۰۹۹۹	۲۴۸۲	۱۳۴۵	۰۳۹۵	۰۷۲۹	۱۳۴۵	۲۴۸۲
نوشهر	۱۲۰۵	۰۱۶۹	۰۰۲۳	۰۰۰۳	۱۲۰۵	۲۴۴۶	۱۴۰۲	۰۴۶۰	۰۸۰۳	۱۴۰۲	۲۴۴۶
کجور	۰۸۷۵	۰۰۸۵	۰۰۰۸	۰۰۰۰۷	۰۸۷۵	۲۲۰۲	۰۷۲۱	۰۰۷۷	۰۲۳۶	۰۷۲۱	۲۲۰۲
پل سفید	۱۷۰۵	۰۳۵۶	۰۰۸۱	۰۰۱۷	۱۷۰۵	۲۴۸۴	۱۳۳۹	۰۳۸۹	۰۷۲۱	۱۳۳۹	۲۴۸۴

جدول (۵) دوره های بازگشت تداوم روزهای بارانی و خشک (دوروز، سه روز، چهار روز و پنج روز) در

ایستگاه های مازندران

نام ایستگاه				برآورد تداوم روزهای بارانی				برآورد تداوم روزهای خشک			
				W5	W4	W3	W2	D5	D4	D3	D2
ساری	۲۶/۲۴	۶۷۷/۴۸	۲۱۵۵۵/۹۰	۳۵۸۳۰/۳۲	۵۰/۵۴	۷۸۲/۶۵	۷۶۳۶۶/۶۸	۴۹۲۷۵۹/۳۲			
رامسر	۲۴/۲۵	۳۴۸۳/۵۶	۲۰۱۲۲۱۴	۰/۴	۵۰/۵۴	۴۲۶۲/۴۶	۵۰۵۶۰۰	۱۳۸۹۳/۳۳			
کیاسر	۲۵/۵۹	۳۴۸۳/۵۰	۱۱۲۹/۹۷	۱۸۷۸۹۶۸	۴۷/۳۰	۳۴۰۱/۳۸	۵۳۰۷۴/۰۹	۹۱۴۴۲۰/۲۶			
قائم شهر	۲۳/۸۱	۵۸۴۰/۲۳	۷۹۶۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۱۴	۵۵/۸۱	۶۸۶۱/۱۱	۸۷۷۰/۷۹	۷۸۳۴۷/۰۴			
گلوگاه	۲۸/۰۶	۶۹۹۸/۰۹	۵۳۸۳/۴۲	۱۱۵۵۸۸	۵۳/۹۴	۰/۶	۱۰۹۷۵	۷۵۴۷۳/۳۲			
بلده	۴۹/۵۰	۱۸	۱۶۷۰۹	۶۸۲۰۵۶۴	۸۹/۰۹	۰/۴۱	۱۴۳۹۵	۸۷۳۵/۲۲			
بابلسر	۲۴/۱۲	۳۵۲۵/۷۶	۱۹۳۷۵۰۰	۲۳۷۴۲۴	۴۷/۳۱	۴۲۰۶/۵۰	۶۳۳۲۶/۰۴	۱۱۱۲۹۴/۷۹			
امل	۲۶/۲۴	۶۸۶۲/۱۱	۵۰۶۹/۲۱	۷۵/۷۹	۷۳/۰۷	۵۷۵۰/۸۳	۷۸۵۵۸/۸۵	۱۳۲۳۱۵/۴۲			
الشت	۲۶/۲۴	۵۵۷۸/۰۴	۳۳۰۰/۳۸	۳۸۹۰۶۰	۴۹/۵۰	۴۱۵۱/۶۲	۸۰۷۵۶۳/۴۸	۵۴۵۸۵۲/۱۱			
کجور	۲۲/۰۴	۲۳۷۷	۲۳۲۵۹۲	۰/۰۲۲	۳۹/۳۲	۲۰۷۷	۶۱۷۰۶۵	۱۲۵۷۱۲۲			
پل سفید	۲۳/۰۹	۱۷۲۳	۴۴/۷۹	۲۰۲۶۷۱	۳۲/۲۲	۱۶۳۸	۴۹۳۶۰۷	۵۸۵۰۵۶			
نوشهر	۲۴/۹۷	۳۵۲۵	۱۰۲۴۰۷	۱۵۹۲۰۰	۴۷/۵۴	۳۸۹۲	۵۸۶۳۵۴	۵۸۵۰۵۶			

جدول (۵) برآورد دوره های بازگشت تداوم روزهای بارانی و خشک را براساس رابطه (۸) نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که تداوم روزهای بارانی و خشک سه روزه، چهار روزه و پنج روزه با احتمال وقوع کم و به ندرت می باشد که دوره های بازگشت طولانی مدت نشان دهنده این امر می باشد، ولی تداوم بارش دوروزه و خشک دو روزه، دوره های بازگشت کوتاه مدت دارند، چنانکه تداوم بارش دو روزه دامنه ای بین ۲۲-۴۹ روز و تداوم دو روز خشک بازه ای بین ۳۲ تا ۸۹ روز را نشان می دهد.

نتیجه گیری

مدیریت مناسب آب حاصل از بارش و پیش بینی احتمال بارش یا خشکی در دوره های روزانه در برنامه ریزی های کشاورزی و بهینه کردن آبیاری و مدیریت منابع آب حائز اهمیت بسیاری می باشد. بدین منظور می توانیم از پیش بینی توزیع احتمالات دوره های خشک و تر در طول زمانی روزانه از مدل زنجیره مارکف مرتبه اول استفاده کنیم. بدین جهت ویژگی های دوره های تر و خشک بارش روزانه ۱۲ ایستگاه سینوپتیک استان مازندران مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین ماتریس انتقال آستانه بارش بیش از صفر (روز وقوع بارش) در نظر گرفته شده است. نتایج حاکی از آن است که بر اساس ماتریس پایا، دوره های بازگشت دامنه ای بین ۳-۱۰ روز برای احتمال روزهای بارانی و ۱-۳ روز برای احتمال روزهای خشک را دارند و برای نمونه، احتمال بارش با تداوم دو روزه بین ۱۹-۱۸٪ و بارش با تداوم سه روزه بین ۰۱٪ تا ۰۵٪ برآورد گردیده است. از این رو مشاهده می گردد در استان مازندران بارش از توزیع ناهمگنی برخوردار می باشد. همچنین نتایج مطالعه نشان می دهد زنجیره مارکف مرتبه اول برازش خوبی بر بارش روزانه ایستگاه های مورد مطالعه دارد.

منابع

- ۱- بنی مهد، سید ادیب، خلیلی، داور(۱۳۹۳)، تحلیل انتقال خشکسالی با استفاده از زنجیره مارکف و روش خطی- لگاریتمی: راه کاری برای اعلام هشدار اولیه، مجله علوم مهندسی ایخیزداری ایران، شماره ۲۴، تهران.
- ۲- بیات، علی، و کیلی، محمد(۱۳۸۹)، بررسی تواتر روزهای یخبندان و عدم یخبندان شهر زنجان با استفاده از مدل زنجیره مارکف، کنفرانس فیزیک ایران، دانشگاه بوعلی همدان.
- ۳- بختیاری، بهرام، شهرکی، نادیا، احمدی، محمد مهدی (۱۳۹۳)، برآورد احتمالات بارش روزانه با استفاده از مدل زنجیره مارکف در اقلیم های مختلف ایران، تحقیقات منابع آب ایران، شماره دو، تهران.
- ۴- جلالی، مسعود، کارگر، حلیمه و صغری سلطانی(۱۳۹۰)، احتمال وقوع روزهای بارانی در شهر ارومیه با استفاده از مدل زنجیره مارکف؛ فضای جغرافیایی، شماره ۳۵، اهر.
- ۵- حقیقت جو، پرویز و حیدری، زمان(۱۳۸۱)، کاربرد زنجیره مارکوف در بررسی خشکسالی و ترسالی منطقه سیستان با توجه به بده رودخانه هیرمند، اولین همایش منطقه ای بهره برداری از منابع حوضه های کارون و زاینده رود (فرصت ها و چالش ها).
- ۶- رحیمی، جابر، قهرمان، نوذر، رحیمی، علی(۱۳۹۰)، تحلیل آماری دوره های تر و خشک بارندگی هفتگی با استفاده از زنجیره مارکف به منظور برنامه ریزی کشاورزی دشت ورامین، نخستین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی ۱-۲ آذر، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۷- سلیقه، محمد، علیجانی، بهلول و قدیر، دل آرا(۱۳۹۰)، تحلیل فضایی بارش فصول مرطوب سال با استفاده از مدل زنجیره مارکف مطالعه ی موردی استان اردبیل، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۳، تهران.
- ۸- عزیزاده، امین، آشگر طوسی، شادی (۱۳۸۷)، توسعه یک مدل برای پایش و پیش بینی خشکسالی (مطالعه موردی استان خراسان رضوی)، مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه آب و خاک، شماره ۲۲، مشهد.
- ۹- عساکره، حسین (۱۳۸۷)، بررسی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی در شهر تبریز با استفاده از مدل زنجیره مارکف، تحقیقات منابع اب ایران، شماره ۲، تهران.
- ۱۰- عساکره، حسین، مازینی، فرشته(۱۳۸۹)، بررسی احتمال وقوع روزهای خشک در استان گلستان با استفاده از مدل زنجیره مارکف، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۷، سیستان.

۱۱- محمدی، حسین، ماهوتچی، محمدحسن، خزائی، مهدی و اسماعیل عباسی (۱۳۹۳)، واکاوی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی شهر شیراز با استفاده از مدل زنجیره مارکف، اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، شماره ۹۳، تهران.

12-Lana, x and A. Burgueno (1998). Daily Dry-Wet Behaviour in Catalonia (Ne Spain) from the Viewpoint of markov chains. International Journal of climatology Inc. Climatol.18:793-815.

13-Bekel, E (2002). Markov chain modeling and ENSO influences on the rainfall seasons of Ethiopia. National Meteorological Services of Ethiopia, 25:1-13.

14- Chunale GL, Kulkarni SR, Patil AK, Patil BR (2003). Dry SPELL probability by Markov chain model and its application to crop planning in Kohapur. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 28(3):291-294.

15-Dastidar AG, Gosh D, Dasgupta S (2010), Higher order Markov chain models for monsoon rainfall over west Bengal, India. Indian Journal of Radio & Space Physics, 39:39-44.

16-Hoaglin DC, Mosteller F, Tukey JW (2011). Exploring Data Table, Trends, and Shapes, John Wiley & Sons, Inc, U.S.A 538P.

17-Lennartsson, Y, Baxevari A, Chen D (2008). Modeling precipitation in Sweden using multiple step markov chains and a composite model. Journal of Hydrology, 363:42-59.

18-Freier, b, and Uwe A. Schneider, Manfred Finckhc (2011). Dynamic interactions between vegetation and land use in semi-arid Morocco: using a markov process for modeling rangelands under climate change, Agriculture, Ecosystems and Environment 140,462-472.

An investigation of the probability of frequency and permanence of precipitation days in Mazandaran province

Abstract

Marcov's Chain precipitation is one of the useful methods to recognize and predict climate phenomena. Marcov's Chain is a model through which the current system status depends on previous states. By using Marcov's Chain, the probability of the occurrence of return periods in climate phenomena such as precipitation can be calculated. In the present study we have investigated about the application of Marcov's Chain using the daily precipitation statistics of climate stations in Mazandaran province (since its commencement to 2015) regarding the frequency and permanence of precipitation and dry days. The statistics related to precipitation days were arranged based on the counting matrix of changes in occurrence states of dry and humid days (days without precipitation and days with precipitation). The data were calculated based on maximum status change index. After calculating probability matrix, it was assessed and analyzed with frequent stable powers and daily return periods. Also, return periods for two to five days of precipitation for dry and rainy days were assessed and a single probability of the occurrence of these periods were studied based on stable matrix models. Results showed that based on stable matrix return periods range a domain of 3 to 10 days for the probability of precipitation days and 1 to 3 days for the probability of dry days. For example, the probability of precipitation with two days permanence has been estimated to be between 0.18 and 0.19 and for precipitation with a permanence of 3 days, it was estimated to be between 0.01 and 0.05. Therefore, it was observed that in Mazandaran province, the precipitation has had an incongruent distribution.

Keywords: permanence, precipitation, Marcov's Chain, Mazandaran