



معرفی روش تحلیلی سلسله مراتبی AHP

فاطمه شهرابی مقدم

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

رایانامه نویسنده: fatememoghadam@ut.ac.ir

چکیده

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی و آمایش سرزمین کاربرد زیادی دارند. این روش‌ها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا بتوانند گزینه‌های مختلف را با توجه به معیارهای متنوع ارزیابی کنند. یکی از جامع‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP) است که در سال ۱۹۷۰ به وسیله توماس ال ساعتی، ارائه گردید. این روش شامل چهار مرحله ایجاد درخت سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری، ایجاد ماتریس مقایسات زوجی، محاسبه وزن معیارها و تخمین نسبت پایداری است. AHP امکان بررسی دقیق‌تر اثرات و اولویت‌ها را فراهم می‌آورد. به‌علاوه، این روش به تصمیم‌گیری مشارکتی و انطباق با شرایط محلی کمک کرده و در نهایت منجر به توسعه پایدار می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تحلیل سلسله‌مراتبی، تصمیم‌گیری چند معیاری، روش‌های تصمیم‌گیری، AHP، MCDM

روش‌های تصمیم‌گیری

با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری (MCDM)^۱ می‌توان برحسب نیاز و براساس بیش از یک معیار، تصمیم‌گیری کرد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۰). در تحلیل مسائل مبتنی بر MCDM، شش مؤلفه وجود دارد (مالچسکفی، ۱۳۹۵):

۱. هدف عالی، که تصمیم‌گیر، سعی در دستیابی به آن را دارد.

۲. تصمیم‌گیر و یا گروهی از تصمیم‌گیران، که بر حسب اولویت‌های مدنظر نسبت به معیار ارزیابی وارد فرآیند تصمیم‌گیری می‌شوند.

۳. مجموعه‌ای از معیارهای تصمیم‌گیری، که تصمیم‌گیرندگان براساس آن‌ها، مسیر و گزینه‌های مطرح را ارزیابی می‌کنند.

۴. مجموعه‌ای از گزینه‌های تصمیم‌گیری

۵. متغیرهای غیرقابل کنترل و یا وضعیت‌های طبیعی

۶. پیامدها و نتایج

در تحلیل سیستم چند معیاره، نیاز است که عناصر آن را شناخت و آن‌ها را به صورت دقیق تعریف کرد و در مرحله بعد به مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل پرداخت (داوودی‌نژاد و بی‌پروا، ۱۳۹۴).

MCDM براساس معیار، دارای دو روش است.

۱. تصمیم‌گیری چند هدفی (MODM)

۲. تصمیم‌گیری چند صفتی (چند شاخصه) (MADM)

معیارها و اولویت‌ها در MODM مشخص است و به دنبال یک جواب کاربردی هستیم ولی در MADM چندین معیار وجود دارد و در پی یافتن گزینه برتر نسبت به سایر گزینه‌ها می‌باشیم (مالچسکفی، ۱۳۹۵).

یکی از جامع‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP)^۲ است. این روش در ۱۹۷۰ به وسیله توماس ال ساعتی (Saaty, 1970)، دانشمند عراقی‌الاصل آمریکایی، ارائه گردید و براساس سه اصل تجزیه، قضاوت تطبیقی و سنتز اولویت‌ها است. در اصل تجزیه، مسئله تصمیم‌گیری به صورت سلسله‌مراتبی تجزیه و هدف، معیار و زیرمعیار مشخص خواهد شد؛ سپس عناصر هر سطح از پایین به بالا، نسبت به کلیه عناصر مرتبط در سطح بالاتر ارزیابی می‌شود (عباسی شوازی و رعیتی شوازی، ۱۳۹۱). هدف این روش، یافتن گزینه برتر و تعیین رتبه گزینه‌ها به وسیله تمامی معیارهای تصمیم‌گیری است (داوودی‌نژاد و بی‌پروا، ۱۳۹۴).

این روش قابلیت فرموله کردن مسائل را به صورت

سلسله‌مراتبی ایجاد می‌کند و همچنین امکان بررسی معیارهای گوناگون کمی و کیفی را در موضوع مورد نظر فراهم می‌آورد. به این ترتیب، گزینه‌های مختلف در فرآیند تصمیم‌گیری مورد توجه قرار می‌گیرند و امکان تحلیل حساسیت بر روی معیارها و زیرمعیارها نیز وجود دارد. این روش براساس مقایسه زوجی ایجاد شده و برای انتخاب راهبرد از مشارکت گروهی نظام‌مند استفاده کرده و میزان سازگاری^۳ و ناسازگاری^۴ تصمیم را نشان می‌دهد (صادقی روش و همکاران، ۱۳۸۹).

AHP بر مبنای مقایسات زوجی ایجاد شده و به تصمیم‌گیر این امکان را می‌دهد تا براساس شاخص‌های مختلف، گزینه‌ها را بررسی کند. ساختار ریاضی AHP از گروه توابع ارزشی چندگانه بوده و AHP این توابع ارزشی را به اجزایی با اندازه قابل کنترل و ساختار مناسب تجزیه می‌کند (صالحی صدقیانی، ۱۳۸۰).

روش AHP شامل مراحل زیر است:

۱. این درخت نشان دهنده استراتژی تصمیم به صورت گرافیکی است (صالحی صدقیانی، ۱۳۸۰). هدف در بالاترین سطح این درخت قرار دارد. معیارها (صفت‌ها) در سطح بعدی قرار دارند و قابل تقسیم به زیر معیارها هستند. در آخرین سطح نیز گزینه‌ها قرار دارند.

۲. مقایسات زوجی

در این ماتریس برای تعیین اولویت‌های نسبی میان دو معیار، یک مقیاس اساسی که از ترجیح یکسان تا بی‌نهایت مرجح طراحی شده است، با مقادیر ۱ تا ۹ تعیین می‌شود. در این ماتریس اگر معیار الف) دو برابر معیار ب) دارای ارجحیت باشد، معیار ب) نیز نصف معیار الف) ارجحیت دارد. مقایسه هر معیار با خودش نیز به دلیل وجود ارجحیت معادل، امتیاز ۱ را منجر خواهد شد؛ در نتیجه عدد یک در قطر اصلی ماتریس گذاشته می‌شود. در ماتریس مقایسات زوجی، تکمیل کردن مقادیر بالای قطر اصلی کافی بوده و مقادیر زیر قطر اصلی، معکوس مقادیر بالای قطر هستند (داوودی‌نژاد و بی‌پروا، ۱۳۹۴).

۳. محاسبه وزن معیارها

در این مرحله، ابتدا ارزش‌های مربوط به هر ستون از ماتریس مقایسات زوجی با هم جمع خواهند شد. سپس هر عنصر ماتریس بر مقدار کل آن ستون تقسیم می‌شود. به این ماتریس جدید، ماتریس استاندارد شده گفته می‌شود. در مرحله بعد میانگین عناصر در هر ردیف از ماتریس استاندارد شده محاسبه می‌شود. برای محاسبه میانگین، مجموع نمرات استاندارد شده در هر ردیف بر تعداد معیارها تقسیم می‌شود. عدد حاصله نشان‌دهنده وزن معیارها خواهد بود. (مالچسکفی، ۱۳۹۵).

1 Multiple Criteria Decision Making (MCDM)

2 Analytical Hierarchy Process

3 Consistency

4 In Consistency

هستند، بلکه نیازها و دیدگاه‌های ذی‌نفعان را نیز در نظر می‌گیرند.

درباره معیارها باید به این نکته توجه داشت که در برخی معیارها، زیاد بودن و در برخی دیگر کم بودن آن‌ها مطلوب است (داوودی نژاد و بی‌پروا، ۱۳۹۴).

۴. تخمین نسبت سازگاری

جهت بررسی پایداری مقایسه در مرحله اول، وزن مربوط به اولین معیار را در ستون اول از ماتریس اولیه مقایسات زوجی ضرب کرده و به همین ترتیب وزن هر معیار در ستون مربوطه ضرب خواهد شد. در نهایت این ارزش‌ها در طول ردیف‌های بردارهای مجموع وزنی جمع می‌شوند. بردار پایداری از تقسیم بردارهای مجموع وزنی بر وزن‌های معیار تعیین شده در مرحله ۳، ایجاد می‌شود.

لازم است که ارزش‌ها را به صورت میزان لاندا (λ) و شاخص پایداری (CI) نیز محاسبه کرد. لاندا، میانگین ارزش بردار پایداری است. زمانی که مقدار لاندا برای ماتریس‌های مثبت دو سوویه، برابر و یا بزرگ‌تر از تعداد معیارها (n) باشد و ماتریس مقایسه زوجی، دارای پایداری باشد، خواهیم داشت: $n = \lambda$. در نتیجه رابطه $(\lambda - n)$ سنج‌ای از درجه پایداری بوده و رابطه استاندارد شده آن به صورت زیر است.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

در نتیجه رابطه $(\lambda - n)$ سنج‌ای از درجه پایداری بوده و رابطه استاندارد شده آن به صورت زیر است. CI نشان‌دهنده میزان انحراف از پایداری است. نسبت پایداری (CR) نیز از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

در این رابطه، RI شاخص تصادفی است که مقدار آن باتوجه به تعداد معیار (n) از طریق جدول شاخص‌های پایداری تصادفی، تعیین می‌گردد. در صورتی که $CR < 0.1$ باشد می‌توان گفت پایداری مناسبی وجود دارد (مالچسکفی، ۱۳۹۵).

نتیجه‌گیری

روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به عنوان یک ابزار کارآمد و مؤثر در فرآیندهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، نقش به‌سزایی در برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین ایفا می‌کند. این روش با فراهم آوردن ساختاری منظم برای ارزیابی گزینه‌ها براساس معیارهای مختلف، به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا انتخاب‌های خود را به‌طور منطقی و مستند انجام دهند. با قابلیت تخصیص وزن به معیارها و انجام تحلیل حساسیت، AHP امکان بررسی دقیق‌تر تأثیرات و اولویت‌ها را فراهم می‌آورد. به‌علاوه، این روش به تصمیم‌گیری مشارکتی و انطباق با شرایط محلی کمک کرده و در نهایت منجر به توسعه پایدار می‌شود. با استفاده از AHP، می‌توان به تصمیماتی رسید که نه تنها مبتنی بر داده‌ها و شواهد

جدول ۱ - چهارچوبی برای تحلیل تصمیم چند معیاری (مالچسکفی، ۱۳۹۵)

	هدف عالی					
	تصمیم گیر ۱			تصمیم گیر ۲		
	اهداف عینی					
	صفت ۱	صفت ۲	صفت ۳	صفت ۴	---	صفت n
گزینه ۱	پیامد ۱۱	پیامد ۱۲	پیامد ۱۳	پیامد ۱۴	---	پیامد 1n
گزینه ۲	پیامد ۲۱	پیامد ۲۲	پیامد ۲۳	پیامد ۲۴	---	پیامد 2n
---	---	---	---	---	---	---
گزینه n	پیامد m1	پیامد m2	پیامد m3	پیامد m4	---	پیامد mn
اولویت‌ها	وزن ۱	وزن ۲	وزن ۳	وزن ۴	---	وزن n

جدول ۲ - مقیاس زوجی نه گانه ساعتی

امتیاز	درجه اهمیت	درجه ارجحیت در مقایسات زوجی
۱	اهمیت برابر	ترجیح یکسان
۲	اهمیت برابر تا اهمیت متوسط (مقادیر میانه)	یکسان یا نسبتاً مرجح
۳	اهمیت متوسط	نسبتاً مرجح
۴	اهمیت متوسط تا اهمیت قوی (مقادیر میانه)	نسبتاً تا قویاً مرجح
۵	اهمیت قوی	قویاً مرجح
۶	از اهمیت قوی تا اهمیت خیلی قوی (مقادیر میانه)	قویاً تا بسیار قویاً مرجح
۷	اهمیت خیلی قوی	ترجیح بسیار قوی
۸	از اهمیت خیلی قوی تا اهمیت فوق العاده قوی (مقادیر میانه)	بسیار تا بی نهایت مرجح
۹	اهمیت فوق العاده قوی	بی نهایت مرجح

منابع

داوودی نژاد، م. و بی‌پروا، پ. (۱۳۹۴). اولویت بندی فناوری‌های تولید انرژی از فرایندهای تصفیه فاضلاب به روش تحلیل سلسله مراتبی AHP. نشریه انرژی ایران، ۱۸ (۳)، ۶۱-۷۶.

صادقی روش، م. ح.، احمدی، ح.، زهتابیان، غ. م. و طهمورث، م. (۱۳۸۹). کاربرد فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP) در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی (مطالعه موردی: منطقه خضر آباد یزد). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۷ (۱)، ۳۵-۵۰.

صالحی صدقیانی، ج. (۱۳۸۰). رویکردی ریاضی به فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP. فصلنامه مطالعات مدیریت بهبود و تحول، ۸ (۳۱)، ۱۱۱-۱۳۶.

عباسی شوازی، م. و رعیتی شوازی، م. (۱۳۹۱). تحلیل مکان مناسب فضای سبز شهری با استفاده از فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) و GIS (مطالعه موردی: شهر یزد). فصلنامه گردشگری و چشم انداز آینده، ۳ (۱)، ۱۳۳-۱۲۱.

عبداللهی، ه.، متین خواه، س. ح.، بشری، ح. و حسینی، س. م. (۱۳۹۰). تعیین اولویت‌های گردشگری در منطقه گاوخونی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). نشریه محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۵ (۱)، ۱۱۰-۹۵.

مالچفسکی، ی. (۱۳۹۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری (ترجمه اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده). سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی، تهران. (تاریخ انتشار به زبان اصلی ۱۹۹۹).



Introduction to the Analytic Hierarchy Process (AHP)

Fatemeh Shahrabi Moghadam

Master's student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Author E-mail: fatememoghadam@ut.ac.ir

Abstract

Multicriteria decision-making methods have significant applications in land evaluation and planning. These methods assist decision-makers in assessing various options based on diverse criteria. One of the most comprehensive multicriteria decision-making models is the Analytic Hierarchy Process (AHP), introduced by Thomas L. Saaty in 1970. This method consists of four stages: creating a decision hierarchy tree, constructing a pairwise comparison matrix, calculating the weights of criteria, and estimating the consistency ratio. AHP enables a more thorough examination of impacts and priorities. Furthermore, this method facilitates participatory decision-making and adaptation to local conditions, ultimately leading to sustainable development.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, AHP, Decision Making Methods, MCDM, Multi-Criteria Decision Making