

تحلیل توسعه‌یافتگی شهرستان‌های استان یزد از دیدگاه بیابان‌زدایی با کاربرد مدل تاپسیس

محمد حسن صادقی روش^{۱*}؛ حسن خسروی^۲

۱ استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران
۲ دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۳۱؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹)

چکیده

بیابان‌زدایی معضلی جهانی بوده و بیشتر کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران با این پدیده مواجه هستند. بیابان‌زدایی محدودیت‌های بسیاری از لحاظ کشاورزی، تأمین مواد غذایی، پرورش دام، توسعه صنعت و ارایه هزینه‌های خدماتی ایجاد می‌نماید. این پدیده فرایندی است که به تدریج توسعه و تشدید یافته و هزینه‌های اصلاح آن به شکل تصاعدی افزایش می‌یابد. بنابراین، توسعه همه جانبه و متعادل فعالیت‌های بیابان‌زدایی بین مناطق مختلف از ضرورت‌های امر و شرط لازم دستیابی به موفقیت در کنترل و کاهش آثار این پدیده است. از این‌رو شناخت و تجزیه و تحلیل وضع موجود نواحی مختلف از دیدگاه بیابان‌زدایی نخستین گام در فرایند توسعه پایدار منطقه‌ای و مبنای سیاست‌های بودجه‌بندی، نیروی انسانی و غیره را تشکیل می‌دهد. از طرفی ضعف روش‌های اندازه‌گیری سنتی عملکرد، نیاز به ارایه روش‌های نوین و کمی را ایجاد می‌کند. در این پژوهش به منظور تحلیل توسعه‌یافتگی مناطق از دیدگاه بیابان‌زدایی در ابتدا با استفاده از روش آنتروپی شانون اوزان شاخص‌ها برآورد و سپس با کاربرد مدل تاپسیس اقدام به تعیین میزان توسعه‌یافتگی واحدها شد. نتایج حاصله نشان داد که شهرستان‌های اردکان و بافق به ترتیب با نزدیکی نسبی ۰/۵۲۵۰ و ۰/۵۱۲۴ از راه‌حل ایده‌آل بیابان‌زدایی از نظر مجموع شاخص‌ها در وضعیت بسیار توسعه یافته و شهرستان‌های یزد، تفت و مهریز مشترکاً با نزدیکی نسبی صفر از راه‌حل ایده‌آل در وضعیت بسیار محروم می‌باشند. در نهایت پیشنهاد شد که در فرایند بودجه‌بندی و برنامه‌ریزی توسعه آتی شهرستان‌ها از لحاظ بیابان‌زدایی، نتایج و رتبه‌بندی به دست آمده مورد توجه قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: بیابان‌زدایی، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، مدل آنتروپی شانون، مدل تاپسیس، مقایسه زوجی

سرآغاز

بیابان‌زایی پدیده‌ای است که به سرعت امنیت غذایی و محیط‌زیستی را با بحران مواجه کرده و ثبات اقتصادی-اجتماعی و توسعه پایدار جهانی را با چالش روبه‌رو می‌کند. این فرایند عمدتاً مناطق خشک و نیمه‌خشک را تحت تأثیر قرار داده و با شتابی فزاینده، کارآیی سرزمین‌ها را کاهش می‌دهد (اکبری و همکاران، ۱۳۸۶) از این‌رو برخورد مناسب و مطابق با اصول توسعه پایدار با این مسئله ضروری به نظر می‌رسد.

به‌کارگیری مدل‌های کمی برآورد توسعه فضایی از دهه ۶۰ در علوم اجتماعی به ویژه برنامه‌ریزی روستایی به انجام رسید. مدل‌های مطرح شده شامل مدل تاکسونومی، موریس، تحلیل مولفه‌های اصلی، تحلیل عاملی، تحلیل شبکه اجتماعی، شبکه‌های عصبی، اسکالوگرام و روش پتانسیلی، می‌باشد. (بدری، ۱۳۶۹) پیشینه و سوابق نظری این مدل‌ها به ۳۰ سال پیش و بیشتر به کارهای میردال، هیرشمن، فریدمن، پرو و پریش برمی‌گردد (Copus & Crabtree, 1999).

در حوزه مدیریت مسایل بیابانی به جزء پژوهش‌های صادقی روش که با کاربرد مدل تاکسونومی عددی توسعه یافته^(۱) (Sadeghi ravesh et al., 2013)، مدل موریس^(۲) (صادقی روش، ۱۳۹۲)، آنتروپی‌شانون^(۳) (صادقی روش، ۱۳۹۵) و اسکالوگرام^(۴) (صادقی روش، ۱۳۹۶)، اقدام به بررسی توسعه یافتگی از دیدگاه بیابان‌زدایی کرده است، تاکنون چه در سطح بین‌المللی و چه در سطح ملی مطالعاتی در این زمینه صورت نگرفته است و تخصیص منابع، صرفاً بر مبنای نظر کارشناس و بعضاً راندها و اعمال نفوذهای صورت می‌گرفته است.

لازم به ذکر است که این مدل‌ها نیز دارای نقص اساسی بودند و آن این بود که در ارزشگذاری شاخص‌ها، تنها ارزش مطلق هر شاخص در نظر گرفته می‌شد و اولویت آنها نسبت به هم در فرایند بیابان‌زدایی در نظر گرفته نمی‌شد که این امر منجر به دستیابی به نتایج غیرواقعی می‌شد. از این‌رو بر آن شدیم تا با به‌کارگیری روش آنتروپی‌شانون ابتدا اولویت شاخص‌ها را برآورد کرده و سپس با استفاده از روش تاپسیس و بر مبنای اولویت شاخص‌ها، به ارزیابی توسعه یافتگی واحدهای کاری از دیدگاه فعالیت‌های بیابان‌زدایی بپردازیم.

مدل تاپسیس عمدتاً به منظور رتبه‌بندی توسعه‌یافتگی فضایی در حوزه‌های مختلف علوم اجتماعی مورد استفاده قرار گرفته که از

آن جمله می‌توان به ارزیابی توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای (Abdel- Malak et al., 2017)، تحلیل توسعه روستایی و ناحیه‌ای (تقوایی و همکاران، ۱۳۹۰)، توسعه اماکن روستایی (Zand & Dinpanah, 2013)، نابرابری‌های منطقه‌ای توسعه اقتصادی (Xiajing & Junjie, 2011)، نابرابری‌های منطقه‌ای توسعه خدمات اجتماعی (صفرزاده و رحمانی، ۱۳۹۴) توسعه گردشگری در مناطق روستایی و شهری (عالی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵) و توسعه‌یافتگی سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار (طلوعی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Ketabi et al., 2012) اشاره کرد. در تمامی این مقالات محققین ابتدا با استفاده از تکنیک‌های رتبه‌بندی از جمله، آنتروپی شانون، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی^(۵) و غیره، شاخص‌ها را وزن‌دهی کرده و در نهایت با استفاده از تکنیک TOPSIS به اولویت‌بندی گزینه‌های موجود پرداخته‌اند.

مهمترین مزیت‌های این روش به طور خلاصه عبارتند از: ۱. سهولت و سادگی کاربرد ۲. امکان در نظر گرفتن تعداد زیادی شاخص در فرایند تحلیل توسعه یافتگی ۳. امکان تغییر اطلاعات ورودی و ارزیابی پاسخگویی سیستم بر اساس این تغییر ۴. در این روش توسعه‌یافتگی با منطق شباهت به جواب ایده‌آل صورت می‌گیرد. به این صورت که واحدهای توسعه یافته واحدهایی هستند که کوتاه‌ترین فاصله را از بهترین جواب ایده‌آل و دورترین فاصله را از بدترین جواب ایده‌آل دارند ۵. این روش فاصله از بهترین راهبرد و بدترین راهبرد را با در نظر گرفتن نزدیکی مبنی بر راهبرد بهینه به طور همزمان در نظر می‌گیرد ۶. نتایج حاصله به صورت فواصل کمی بیان می‌شود که این کمیات وزن نهایی راهبردها در اولویت‌بندی است (ملک‌زاده، ۱۳۸۷؛ Srdjerici, 2004).

بنابراین هدف از این پژوهش ارزیابی درجه توسعه یافتگی مناطق از نظر فعالیت‌های بیابان‌زدایی است که به صورت موردی در استان یزد با کاربرد مدل آنتروپی شانون و تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل^(۶) (TOPSIS) به اجرا در آمد. نتایج حاصله از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های توسعه پایدار فرایند بیابان‌زدایی مدنظر قرار گیرد و الگوی این تحقیق در سایر نقاط کشور نیز قابلیت کاربرد خواهد داشت.

ذیل به صورت نرمال در می‌آیند.

تعیین اهمیت شاخص‌ها نسبت به هم با استفاده از روش آنتروپی شانون

مدل آنتروپی شانون که بر گرفته شده از تئوری اطلاعات^(۷) است اولین بار توسط کلود ال وود شانون (Shannon, 1948) ارائه شد. آنتروپی معیار سنجش بی‌نظمی در یک سیستم است (Bednarik et al., 2010) و در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (P_i) به طوری که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن^(۸) توزیع، بیشتر از مواردی است که توزیع فراوانی تیزتر^(۹) باشد. (اصغرپور، ۱۳۹۴؛ Soleimani-damaneh & Zarepisheh, 2009)

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه، آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص‌ها از رابطه (۲) محاسبه شده و ماتریس دو بعدی آن شکل می‌گیرد (جدول ۳).

$$E_{ij} = \mathbf{r}_{ij} \times \ln \mathbf{r}_{ij} ; \forall j \quad (2)$$

در این رابطه:

E_{ij} = آنتروپی هر واحدکاری نسبت به هر شاخص

\mathbf{r}_{ij} = مقدار وزنی نرمال هر واحدکاری نسبت به هر شاخص

$\ln \mathbf{r}_{ij}$ = لگاریتم نپرین مقدار وزنی نرمال هر واحدکاری نسبت

به هر شاخص

در ادامه آنتروپی شاخص‌ها (E_{ij}) از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$E_{.j} = -K \sum_{i=1}^m \left(\mathbf{r}_{ij} \times \ln \mathbf{r}_{ij} \right) \quad (3)$$

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i} \quad (1)$$

جدول (۱): ماتریس داده‌ها

j _m	...	j ₂	j ₁	شاخص (j)
				واحد کاری (TMU _i)
X _{1m}	...	X ₁₂	X ₁₁	TMU ₁
X _{2m}	...	X ₂₂	X ₂₁	TMU ₂
:	:	:	:	:
X _{nm}	...	X _{n2}	X _{n1}	TMU _M
\bar{X}_n	...	\bar{X}_2	\bar{X}_1	\bar{X}_i
δ_N	...	δ_2	δ_1	δ_j

در این ماتریس X_{ij} ارزش شاخص j_m از واحد کاری i_m است

در این رابطه :

Z_{ij} = ارزش نرمال هر شاخص در رابطه با هر واحدکاری

X_{ij} = ارزش عددی هر شاخص در رابطه با هر واحدکاری

\bar{X}_i = میانگین هر ستون از ماتریس داده‌ها

S_i = انحراف معیار هر ستون از ماتریس داده‌ها

در این مرحله ماتریس داده‌های استاندارد (نرمالیزه شده)

مشخص می‌شود (جدول ۲).

جدول (۲): ماتریس داده‌های استاندارد

j _m	...	j ₂	j ₁	شاخص (j)
				واحد کاری (TMU _i)
Z _{1m}	...	Z ₁₂	Z ₁₁	TMU ₁
Z _{2m}	...	Z ₂₂	Z ₂₁	TMU ₂
:	:	:	:	:
Z _{nm}	...	Z _{n2}	Z _{n1}	TMU _M

جدول (۳): ماتریس آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص‌ها

TMU _i	Indicator				
	I ₁	I ₂	I ₃	...	I _N
TMU ₁	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃		E _{1N}
TMU ₂	E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃		E _{2N}
:	:	:	:	:	:
TMU _M	E _{M1}	E _{M2}	E _{M3}		E _{MN}

در این جدول: TMU: واحد کاری، I: شاخص و E: آنتروپی هر شاخص در هر واحد کاری می‌باشد.

و K به عنوان مقدار ثابت از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{1}{\ln M} \quad (4)$$

در این رابطه:

E_j = آنتروپی هر شاخص

K = ضریب ثابت

داشته باشد (آذر و رجب زاده، ۱۳۹۶؛ Kazimieras, 2016; Zavadskas et al, 2016; Ardielli).

در این رابطه:

$K =$ ضریب ثابت

$InM =$ لگاریتم نپرین تعداد واحدهای کاری (M)

تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری موزون^(۱۱) از رابطه (۸)

$$HDM = DM \times W_{n \times n} \quad (8)$$

در این رابطه:

$DM =$ ماتریس تصمیم‌گیری نرمال

$W_{n \times n} =$ ماتریس قطری از وزن معیارها. که در این ماتریس هر مولفه (H_{ij}) از رابطه (۹) حاصل می‌شود.

$$H_{ij} = a_{ij} \times w_j \quad (9)$$

در این رابطه:

$H_{ij} =$ مقدار وزنی موزون که هر راهبرد با توجه به معیار

مربوطه کسب می‌کند

$a_{ij} =$ مقدار وزنی که هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه کسب

می‌کند

$w_j =$ مقدار وزنی (عددی) معیار مربوطه

تعیین مقادیر عددی واحدهای کاری ایده‌آل مثبت

(TMU_i^+) و ایده‌آل منفی (TMU_i^-)

در ماتریس تصمیم‌گیری موزون هر واحدکاری که بیشترین مقادیر عددی را در ارتباط با هر شاخص به خود اختصاص دهد، مناسبترین واحد از نظرگاه کنترل فرایند بیابان‌زایی می‌باشد و

تحت عنوان واحد ایده‌آل مثبت (TMU_i^+) بیان می‌شود.

بنابراین، حداکثر مقادیر عددی واحدهای کاری در ارتباط با هر شاخص مطابق رابطه (۱۰) در مجموعه‌ای تحت عنوان مقادیر عددی واحدهای ایده‌آل مثبت بیان می‌شود.

همچنین حداقل مقادیر عددی واحدهای کاری در ارتباط با هر شاخص مطابق رابطه (۱۱) در مجموعه‌ای تحت عنوان مقادیر

عددی واحدهای ایده‌آل منفی (TMU_i^-) بیان می‌شود.

در ادامه، مقدار d_j (درجه انحراف)^(۱۰) از رابطه (۵) محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص مربوطه (j) چه میزان کارایی در فرایند بیابان‌زدایی دارد. هرچه مقادیر اندازه‌گیری شده شاخصی به صفر نزدیک باشد، نشان‌دهنده آن است که واحدهای کاری رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. بنابراین، نقش آن شاخص در فرایند بیابان‌زایی باید به همان اندازه کاهش یابد.

$$d_j = 1 - E_j; \quad \forall j \quad (5)$$

سپس مقدار اوزان شاخص‌ها از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}; \quad \forall j \quad (6)$$

لازم به ذکر است که مجموع اوزان به دست آمده برای شاخص‌های موردنظر تصمیم‌گیرنده باید برابر با یک باشد.

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1 \rightarrow (\forall j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

به عبارت ساده‌تر بر مبنای این روش، شاخصی که بیشترین وزن را دارد بیشترین نقش در فرایند بیابان‌زدایی را نیز دارد (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۶؛ Shannon, 1948؛ آذر، ۱۳۸۰؛ صادقی روش، ۱۳۹۵).

ارزیابی توسعه‌یافتگی واحدهای کاری از دیدگاه

بیابان‌زدایی با استفاده از روش TOPSIS

مدل TOPSIS در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارایه شد (Hwang & Yoon, 1981). در این روش m واحدکاری توسط

n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و هر مسئله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت، این تکنیک به این مفهوم بنا نهاده شده است که واحدکاری انتخابی باید کمترین فاصله را با واحدکاری ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را با واحدکاری ایده‌آل منفی

$$TMU^+ = \left\{ \left(\max_i H_{ij} | j \in j = 1 \right), \left(\max_i H_{ij} | j \in j = 2 \right) \right\} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$TMU^- = \left\{ \left(\min_i H_{ij} | j \in j=1 \right), \left(\min_i H_{ij} | j \in j=2 \right) | i=1,2,\dots,m \right\} \quad (11)$$

نتایج، بر مبنای نزدیکی نسبی واحدهای کاری نسبت به واحدکاری ایده‌آل بیابان‌زدایی و با استفاده از نرم‌افزار Arc view3.2a اقدام به نقشه‌سازی میزان توسعه یافتگی شهرستان‌ها شد.

نتایج

بر مبنای مدل تاکسونومی که در بخش روش تحقیق بیان شد طی مراحل ذیل اقدام به ارزیابی توسعه شهرستان‌های استان یزد از نظر شاخص‌های بیابان‌زدایی شد.

تعیین واحدهای کاری (شهرستان‌ها) و شاخص‌های ارزیابی (شاخص‌های بیابان‌زدایی)

در ابتدا به منظور ارزیابی عملکرد بیابان‌زدایی در سطح شهرستان‌های استان یزد، ده شهرستان، ابرکوه، اردکان، بافق، تفت، خاتم، صدوق، طبس، مهریز، میبد و یزد از نظرگاه شاخص‌های بیابان‌زدایی، بر مبنای فعالیت‌های مرکز ملی بیابان‌زدایی اداره کل جهاد کشاورزی استان یزد، مدنظر قرار گرفتند.

تشکیل ماتریس داده‌ها

پس از تعیین شهرستان‌ها و شاخص‌های بیابان‌زدایی، در سطح شهرستان‌ها اقدام به جمع‌آوری نرخ عملکرد بر مبنای آمارهای عملکردی قابل دسترس در طی سال‌های ۱۳۸۱ الی ۱۳۸۶ مرکز ملی بیابان‌زدایی اداره کل جهاد کشاورزی استان یزد و در چارچوب روش تصمیم‌گیری چند شاخصه^(۱۳) اقدام به تشکیل ماتریس داده‌ها شد که در جدول (۴) نشان داده شده است.

نرمال‌سازی اعداد ماتریس داده‌ها

پس از تشکیل ماتریس داده‌ها به منظور یکسان کردن مقیاس داده‌ها یا به عبارتی بی‌مقیاس کردن^(۱۴)، اقدام به نرمال‌سازی داده‌ها از رابطه (۱) شد و بدین ترتیب «ماتریس نرمال شاخص‌های بیابان‌زدایی» شکل گرفت (جدول ۵).

محاسبه اندازه فاصله (d) هر واحدکاری ماتریس تصمیم‌گیری موزون بر اساس نرم اقلیدوسی به ازاء واحدهای کاری ایده‌آل مثبت و منفی از روابط (۱۲ و ۱۳)

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (H_{ij} - A_j^+)^2}, (i=1,2,\dots,m) \quad (12)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (H_{ij} - A_j^-)^2}, (i=1,2,\dots,m) \quad (13)$$

هر قدر فاصله واحدهای کاری از مقادیر واحدهای ایده‌آل مثبت کمتر باشد، آن واحدکاری وضعیت بهتری از دیدگاه شاخص‌های بیابان‌زدایی دارد و بالعکس.

محاسبه نزدیکی^(۱۲) نسبی واحدهای کاری به واحدهای کاری ایده‌آل از رابطه ۱۴ و رتبه‌بندی واحدهای کاری بر اساس انحراف‌های به دست آمده

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)}, (1,2,\dots,n) \quad (14)$$

چنانچه $TMU_i = TMU_i^+$ باشد، آنگاه $d_i^+ = 0$ و $C_i = 1$ می‌شود و در صورتی که $TMU_i = TMU_i^-$ باشد، آنگاه $d_i^- = 0$ و $C_i = 0$ ، بنابراین هر واحدکاری که به واحدکاری ایده‌آل مثبت نزدیکتر باشد، مقدار نزدیکی (C_i) آن به یک نزدیکتر خواهد بود.

در انتها برای نمایش بهتر نتایج، درصد نزدیکی نسبی راهبردها از رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود.

$$\%C_i = \frac{C_i}{\left(\sum_{i=1}^n C_i \right)} \quad (15)$$

تهیه نقشه توسعه یافتگی گزینه‌ها

به منظور سهولت و دقت در تجزیه و تحلیل داده‌ها و دستیابی به

جدول (۴): ماتریس شاخص‌های بیابان‌زدایی به تفکیک شهرستان‌های استان یزد

تهیه طرح بیابان‌زدایی (هکتار)	تجهیز چاه و استخر ذخیره آب (حلقه)	حفاظت و قرق پوشش گیاهی (هکتار)	آبیاری و مراقبت (هکتار)	نهارکاری (هکتار)	شاخص‌های بیابان‌زدایی ◀
					واحدهای کاری (شهرستان‌ها) ▼
۰	۳	۶۳۷۲۴	۴۶۸۳	۱۱۶۴	ابركوه
۱۰۸۰۰۰	۳	۲۹۴۹۲	۱۵۹۶	۴۳۰	اردكان
۹۲۰۰۰	۴	۵۰۶۷۰	۴۴۵۰	۴۷۰	بافق
۰	۰	۰	۰	۰	تفت
۱۵۶۳۶	۱	۱۵۶۷۶	۲۵۱۹	۲۹۰	خاتم
۱۶۷۰۰	۳	۱۵۶۳۴۰	۵۱۲۵	۸۴۰	صدوق
۰	۱	۱۹۸۸۸۴	۶۹۹۵	۲۲۳۵	طبس
۰	۰	۰	۰	۰	مهریز
۰	۱	۴۹۵۴۸	۶۷۲۵	۲۲۴۰	میبد
۰	۰	۰	۰	۰	یزد

جدول (۵): ماتریس نرمال شاخص‌های بیابان‌زدایی به تفکیک شهرستان‌های استان یزد

تهیه طرح بیابان‌زدایی	تجهیز چاه و استخر ذخیره آب	حفاظت و قرق پوشش گیاهی	آبیاری و مراقبت	نهارکاری	شاخص‌های بیابان‌زدایی ◀
					واحدهای کاری (شهرستان‌ها) ▼
-۰/۵۹	۰/۹۸	۰/۱۱	۰/۵۷	۰/۴۹	ابركوه
۲/۱۷	۰/۹۸	-۰/۴۱	-۰/۶۲	-۰/۴۱	اردكان
۱/۷۶	۱/۶۸	-۰/۰۹	۰/۴۸	-۰/۳۶	بافق
-۰/۵۹	-۱/۱۲	-۰/۸۷	-۱/۲۴	-۰/۹۴	تفت
-۰/۱۹	-۰/۴۲	-۰/۶۳	-۰/۲۷	-۰/۵۸	خاتم
-۰/۱۷	۰/۹۸	۱/۵۳	۰/۷۴	۰/۰۹	صدوق
-۰/۵۹	-۰/۴۲	۲/۱۹	۱/۴۷	۱/۷۹	طبس
-۰/۵۹	-۱/۱۲	-۰/۸۷	-۱/۲۴	-۰/۹۴	مهریز
-۰/۵۹	-۰/۴۲	-۰/۱۱	۱/۳۶	۱/۸۰	میبد
-۰/۵۹	-۱/۱۲	-۰/۸۷	-۱/۲۴	-۰/۹۴	یزد
۲/۱۷	۱/۶۸	۲/۱۹	۱/۴۷	۱/۸۰	PI
۲۳۲۳۳/۶	۱/۶	۵۶۴۳۳/۴	۳۲۰۹/۳	۷۶۶/۹	\bar{X}
۳۹۰۵۵/۵۷	۱/۴۳	۶۵۰۷۵/۷	۲۵۸۱/۹۵	۸۱۷/۴۳	S

از رابطه (۲)، «ماتریس آنتروپی شاخص‌های بیابان‌زدایی نسبت به هر شهرستان» برآورد شد (جدول ۶).

تشکیل ماتریس آنتروپی شاخص‌ها بر مبنای ماتریس نرمال شاخص‌های بیابان‌زدایی (جدول ۵) و

جدول (۶): ماتریس آنتروپی شاخص‌های بیابان‌زدایی نسبت به هر شهرستان

شخص‌های بیابان‌زدایی ◀	نهایکاری	آبیاری و مراقبت	حفاظت و قرق پوشش گیاهی	تجهیز چاه و استخر ذخیره آب	تهیه طرح بیابان‌زدایی	واحدهای کاری (شهرستان‌ها) ▼	
ابرکوه	-۰/۳۴۹۵	-۰/۳۳۰۴	-۰/۲۴۲۸	۰/۱۹۸	۰/۳۱۱۳		
اردکان	۰/۳۶۵۵	۰/۲۹۶۴	۰/۳۶۵۵	۰/۱۹۸	۱/۶۸۱۲		
بافق	۰/۳۶۷۸	-۰/۳۵۲۳	۰/۲۱۶۷	۰/۸۷۱۶	۰/۹۹۴۹		
تفت	۰/۰۵۸۲	-۰/۲۶۶۷	۰/۱۲۱۲	-۰/۱۲۶۹	۰/۳۱۱۳		
خاتم	۰/۳۱۵۹	۰/۳۵۳۵	۰/۲۹۱۱	۰/۳۶۴۳	۰/۳۱۵۵		
صدوق	-۰/۲۱۶۷	-۰/۲۲۲۸	۰/۶۵۰۷	۰/۱۹۸	۰/۳۰۱۲		
طبس	۱/۰۴۲۲	۰/۵۶۶۳	۱/۷۱۶۷	۰/۳۶۴۳	۰/۳۱۱۳		
مهریز	۰/۰۵۸۲	-۰/۲۶۶۷	۰/۱۲۱۲	-۰/۱۲۶۹	۰/۳۱۱۳		
میبد	۱/۰۵۸۰	۰/۴۱۸۲	-۰/۲۴۲۸	۰/۳۶۴۳	۰/۳۱۱۳		
یزد	۰/۰۵۸۲	-۰/۲۶۶۷	۰/۱۲۱۲	-۰/۱۲۶۹	۰/۳۱۱۳		
مجموع	۲/۷۵۷۸	-۰/۰۶۱۲	۳/۱۱۸۷	۱/۶۴۳۲	۵/۱۶۰۶		

رابطه (۳) محاسبه شد و با محاسبه درجه انحراف (d_j) و اوزان شاخص‌ها (W_j) از روابط (۵ و ۶) اهمیت شاخص‌های مطرح در فرایند بیابان‌زدایی مطابق جدول (۷) برآورد شد.

برآورد آنتروپی شاخص‌ها (E_j)، درجه انحراف (d_j) و اهمیت شاخص‌ها نسبت به هم (W_j) در ادامه آنتروپی شاخص‌های مطرح در بیابان‌زدایی (E_j) از

جدول (۷): برآورد آنتروپی، درجه انحراف و اوزان شاخص‌های مطرح در بیابان‌زدایی

شاخص‌ها (I) ◀	نهایکاری	آبیاری و مراقبت	حفاظت و قرق پوشش گیاهی	تجهیز چاه و استخر ذخیره آب	تهیه طرح بیابان‌زدایی
E_j	-۱/۱۹۷۷	۰/۰۲۶۶	-۱/۳۵۴۴	-۰/۷۱۳۶	-۲/۲۴۱۲
d_j	۲/۱۹۷۷	۰/۹۷۳۴	۲/۳۵۴۴	۱/۷۱۳۶	۳/۲۴۱۲
W_j	۰/۲۰۹۷	۰/۰۹۲۹	۰/۲۲۴۶	۰/۱۶۳۵	۰/۳۰۹۳

شاخص‌های بیابان‌زدایی (جدول ۵) در ضریب اهمیت شاخص‌ها (جدول ۷) شکل گرفت (جدول ۸).

تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری موزون پس از تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها، ماتریس تصمیم‌گیری موزون بر مبنای رابطه (۸) از ضرب مولفه‌های ماتریس نرمالیزه

جدول (۸): ماتریس ماتریس تصمیم‌گیری موزون

شخص‌ها (I) ◀	نهایکاری	آبیاری و مراقبت	حفاظت و قرق پوشش گیاهی	تجهیز چاه و استخر ذخیره آب	تهیه طرح بیابان‌زدایی	واحدهای کاری (شهرستان‌ها)	
ابرکوه	۰/۱۰۲۷	۰/۰۵۲۹	۰/۰۲۵	۰/۱۶۰۲	-۰/۱۸۲۵	۱	
اردکان	-۰/۰۸۶	-۰/۰۵۷۶	-۰/۰۹۲۱	۰/۱۶۰۲	۰/۶۷۱۲	۲	
بافق	-۰/۰۷۵۵	۰/۰۴۴۶	-۰/۰۲۰۲	۰/۲۷۴۷	۰/۵۴۴۴	۳	
تفت	-۰/۱۹۷۱	-۰/۱۱۵۲	-۰/۱۹۵۴	-۰/۱۸۳۱	-۰/۱۸۲۵	۴	
خاتم	-۰/۱۲۱۶	-۰/۰۲۵۱	-۰/۱۴۱۵	-۰/۰۶۸۷	-۰/۰۵۸۸	۵	
صدوق	۰/۰۱۸۹	۰/۰۶۸۷	۰/۳۴۳۶	۰/۱۶۰۲	-۰/۰۵۲۶	۶	
طبس	۰/۳۷۵۴	۰/۱۳۶۶	۰/۴۹۱۸	-۰/۰۶۸۷	-۰/۱۸۲۵	۷	
مهریز	-۰/۱۹۷۱	-۰/۱۱۵۲	-۰/۱۹۵۴	-۰/۱۸۳۱	-۰/۱۸۲۵	۸	
میبد	۰/۳۷۷۵	۰/۱۲۶۳	-۰/۰۲۴۷	-۰/۰۶۸۷	-۰/۱۸۲۵	۹	
یزد	-۰/۱۹۷۱	-۰/۱۱۵۲	-۰/۱۹۵۴	-۰/۱۸۳۱	-۰/۱۸۲۵	۱۰	

استفاده از روابط (۱۰ و ۱۱) مقادیر عددی راهبردهای ایده‌آل مثبت و منفی برآورد و مجموعه‌های مربوطه شکل گرفت.

$$TMU_i^+ = \{0.3775/1366, 0.4918, 0.2747, 0.6712\}$$

$$TMU_i^- = \{-0.1971, -0.1152, -0.1954, -0.1831, -0.1825\}$$

استفاده شد و بر مبنای روابط (۱۲ و ۱۳) اندازه فاصله هر شهرستان در ماتریس تصمیم‌گیری موزون به ازاء واحدهای ایده‌آل مثبت و منفی برآورد شد.

$$d_i^+ = \{d_1^+ = 1/0.209, d_2^+ = 0.7788, d_3^+ = 0.7013, d_4^+ = 1/3433, d_5^+ = 1/1520,$$

$$d_6^+ = 1/0.933, d_7^+ = 0.9202, d_8^+ = 1/3432, d_9^+ = 1/0.553, d_{10}^+ = 1/3432\}$$

$$d_i^- = \{d_1^- = 0.2998, d_2^- = 86090, d_3^- = 0.7370, d_4^- = 0, d_5^- = 0.1449,$$

$$d_6^- = 0.216, d_7^- = 0.5725, d_8^- = 0, d_9^- = 0.5746, d_{10}^- = 0\}$$

شهرستانی که به واحد کاری ایده‌آل نزدیکتر باشد، مقدار نزدیکی (C_i) آن به یک نزدیکتر خواهد بود و بالعکس، اولویت نهایی شهرستان‌ها برآورد شد. و درصد اولویت به دست آمد (جدول ۹).

تعیین مقادیر عددی واحدهای کاری ایده‌آل مثبت (TMU_i^+) و ایده‌آل منفی (TMU_i^-)

در این مرحله پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری موزون با

مجموعه واحدهای کاری ایده‌آل مثبت

مجموعه واحدهای کاری ایده‌آل منفی

محاسبه اندازه فاصله (d) بر اساس نرم اقلیدوسی به ازاء واحدهای کاری ایده‌آل مثبت و منفی

در این مرحله به دلیل حجم بالای محاسبه‌ها از نرم افزار Excel

اندازه فاصله به ازاء واحدهای ایده‌آل مثبت

اندازه فاصله به ازاء واحدهای ایده‌آل منفی

محاسبه نزدیکی نسبی شهرستان‌ها به واحدهای ایده‌آل و رتبه‌بندی نهایی شهرستان‌ها

در نهایت به منظور تعیین اولویت نهایی واحدها، نزدیکی نسبی شهرستان‌ها نسبت به واحدهای ایده‌آل بیابان‌زدایی در منطقه مطالعاتی از رابطه (۱۴) برآورد شد و با توجه به این اصل که هر

جدول (۹): نزدیکی نسبی و رتبه بندی میزان توسعه یافتگی واحدهای کاری

میزان توسعه یافتگی	رتبه	درصد اولویت واحدهای کاری (C_i)	میزان نزدیکی به واحد کاری ایده آل (C_i)	شاخص‌ها (I)	
				واحدهای کاری (شهرستان‌ها)	
متوسط	۵	۹/۹۶۸۸	۰/۲۲۷۰	۱	ابركوه
بسیار توسعه یافته	۱	۲۳/۰۵۵۶	۰/۵۲۵۰	۲	اردكان
بسیار توسعه یافته	۲	۲۲/۵۰۲۳	۰/۵۱۲۴	۳	بافق
بسیار محروم	۸	۰	۰	۴	تفت
محروم	۷	۴/۹۰۵۴	۰/۱۱۱۷	۵	خاتم
متوسط	۶	۷/۲۴۶	۰/۱۶۵۰	۶	صلوق
نسبتاً توسعه یافته	۳	۱۶/۸۴۱۶	۰/۳۸۳۵	۷	طبس
بسیار محروم	۸	۰	۰	۸	مهریز
نسبتاً توسعه یافته	۴	۱۵/۴۸۰۲	۰/۳۵۲۵	۹	میبد
بسیار محروم	۸	۰	۰	۱۰	یزد

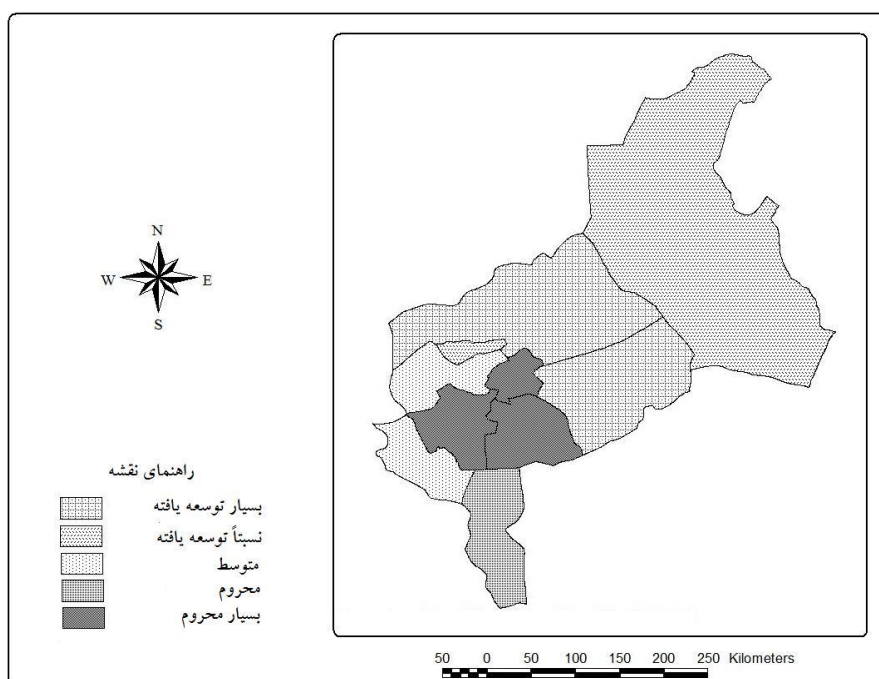
مبنای جدول (۱۰)، میزان نزدیکی به واحدکاری ایده‌آل (C_i) در منطقه مطالعاتی در شش سطح توسعه یافتگی طبقه‌بندی شدند و در نهایت، نقشه نهایی توسعه فعالیت‌های بیابان‌زدایی به مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ به دست آمد (شکل ۲).

میزان نزدیکی یا اولویت نهایی برآورد شده از رابطه (۱۴) یکسری از ارزش‌های پیوسته هستند که به منظور سهولت در خواندن و فهمیدن نتایج برآورد شده و نشان دادن تفاوت‌های ناحیه‌ای باید در سطوح مناسبی طبقه‌بندی شوند. از این‌رو بر

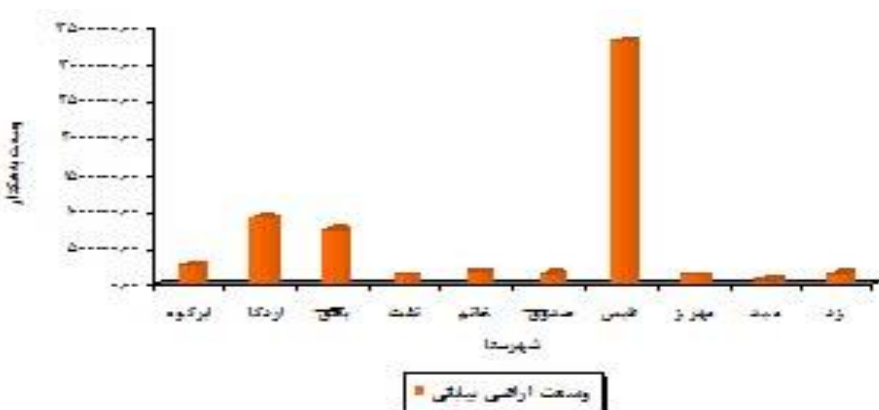
در ادامه به منظور ارزیابی جامع وضعیت بیابان‌زدایی شهرستان‌های استان، جدا از برآورد درجه توسعه یافتگی شاخص‌های بیابان‌زدایی، از جهتی، وسعت اراضی بیابانی و همچنین وسعت اراضی بیابانی هر شهرستان به نسبت وسعت کل اراضی شهرستان و استان و از جهت دیگر فراوانی منابع بالقوه تحت خطر بیابان‌زدایی به تفکیک شهرستان را مدنظر قرار دادیم که خلاصه نتایج این بررسی‌ها در شکل‌های (۳)، (۴) و (جدول ۱۱) ذکر شده است.

جدول (۱۰): طبقه‌بندی توسعه یافتگی بر اساس اندازه فاصله نسبت به راهبرد ایده‌آل

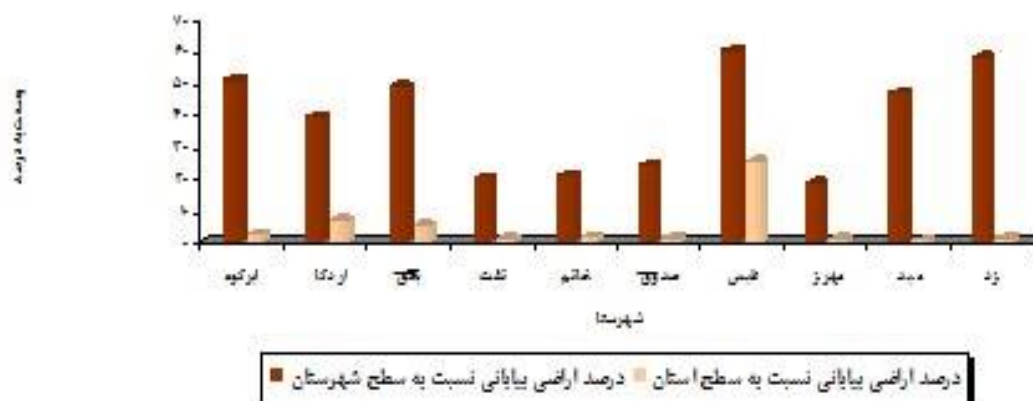
کلاس	مقدار نزدیکی (C_i)	میزان توسعه یافتگی
I	$C_i \leq 0.1$	بسیار محروم
II	$0.1 < C_i \leq 0.2$	محروم
III	$0.2 < C_i \leq 0.3$	متوسط
IV	$0.3 < C_i \leq 0.4$	نسبتاً توسعه یافته
V	$0.4 < C_i \leq 0.5$	توسعه یافته
VI	$0.5 < C_i$	بسیار توسعه یافته



شکل (۲): رتبه‌بندی توسعه یافتگی شهرستان‌های استان یزد از دیدگاه فعالیت‌های بیابان‌زدایی



شکل (۳): وسعت اراضی بیابانی شهرستان‌های استان یزد



شکل (۴): وسعت اراضی بیابانی نسبت به سطح شهرستان و استان

جدول (۱۱): منابع بالقوه تحت تأثیر فرایند بیابان‌زایی

شهرستان	اراضی کشاورزی (h)	جنگل دست کاشت (حفاظتی) (h)	مرتج (h)	طول راه‌ها (km)	تعداد کارگاه (> ۱۰ نفر)	تعداد مراکز مسکونی شهری	تراکم جمعیت (n/km ^۲)	تراکم آبادی (n/10km ^۲)
ابرکوه	۲۸۴۰۶	۲۵۰۰	۲۱۵۰۰۰	۱۸۱	۲	۲	۷/۹	۰/۸۳
اردکان	۲۲۱۸۲	۵۱۵۱۷	۸۱۵۰۰۰	۴۸۱	۳۰	۲	۲/۶	۰/۲۴
بافت	۱۸۹۳۳	۷۹۷۵۰	۸۷۳۰۰۰	۳۳۷	۱	۲	۳/۲	۰/۳۹
تفت	۴۹۳۷۵	۴۰۸۹۸	۴۲۰۰۰۰	۲۶۷	۶	۲	۸/۹	۲/۴۸
خاتم	۳۸۲۹۵	۶۱۳۳۵	۵۰۰۰۰۰	۱۶۴	۰	۲	۳/۷	۰/۶۹
صدوق	۹۶۶۴	۹۸۸	۴۶۰۰۰۰	۶۶	۱۰	۳	۵	۰/۵۵
طبس	۱۷۵۹۵	۱۶۸۰۰۰	۱۶۷۳۴۰۰	۱۰۱۳	۴	۲	۱/۱۶	۰/۱۲
مهریز	۲۹۰۶۲	۲۰۵۷۲	۴۵۵۰۰۰	۱۷۹	۱۱	۱	۶/۸	۰/۶۹
میبد	۱۰۴۰۶	۸۰۰	۸۰۰۰۰	۳۰	۳۵	۱	۵۰/۷	۱/۰۶
یزد	۱۲۸۲۰	۰	۶۰۰۰۰	۸۸	۲۵۴	۴	۱۸۴/۷	۰/۷۵

بحث و نتیجه‌گیری

تبادل بخشی به سطوح توسعه در واحدهای مطالعاتی از دیدگاه بیابان‌زدایی لازمه دستیابی به پایداری در این حوزه است که مستلزم شناسایی سطوح توسعه می‌باشد. در این زمینه همان‌طور که در ادبیات تحقیق ذکر شد، مطالعات سیستماتیک و نظام‌مند به انجام نرسیده و تنها پژوهش انجام شده ارزیابی سطوح توسعه با استفاده از مدل تاکسونومی عددی (Sadeghi ravesh et al., 2013)، موریس (صادقی روش، ۱۳۹۲)، آنتروپی شانون (صادقی روش، ۱۳۹۵) و اسکالوگرام (صادقی روش، ۱۳۹۶)، بوده است.

نتایج حاصل از کاربرد این مدل‌ها در پهنه‌بندی توسعه‌یافتگی تا حدود زیادی همانند نتایج حاصل از مدل تاپسیس می‌باشد. هر چند تغییرات جزئی در رتبه‌بندی توسعه‌یافتگی شهرستان‌ها مشاهده می‌شود، که این به خاطر این موضوع است که در روش تاکسونومی، موریس، اسکالوگرام و آنتروپی شانون، ارزش مطلق هر شاخص در هر واحد از نظر بیابان‌زدایی ملاک برآورد توسعه یافتگی می‌باشد در حالی که در مدل تاپسیس فاصله از اعداد ایده‌آل لحاظ می‌شود. همچنین به نظر می‌رسد از آن جا که در روش تاپسیس و آنتروپی شانون علاوه بر ارزش هر شاخص در

تولیدی که از تراکم بالایی هم برخوردارند جا دارد که در طرح‌های توسعه آتی منطقه این مهم مدنظر قرار گیرد (جدول ۱۱).

در ادامه تحلیل‌های صورت گرفته نشان داد که از نظر مجموع شاخص‌ها شهرستان‌های اردکان، بافق و طبس به ترتیب با ضرایب اولویت ۰/۵۲۵۰، ۰/۵۱۲۴ و ۰/۳۸۳۵ از توسعه مناسبی در زمینه شاخص‌های بیابان‌زدایی برخوردارند با توجه به این که در شهرستان‌های مذکور وسعت اراضی بیابانی (به ترتیب ۹۲۱، ۷۳۶ و ۳۳۱۱ هزار هکتار) و نسبت آن به وسعت اراضی شهرستان و استان بالا بوده (به ترتیب ۳۹/۸۹، ۷/۱۷:۴۸/۹۱ و ۵/۷۳ و ۶۰/۳، ۲۵/۷۸) و منابع بالقوه تحت تأثیر از جمله راه‌های مواصلاتی، کارگاه‌های صنعتی، مراتع و جنگل‌های دست‌کاشت و غیره نیز قابل توجه می‌باشند (شکل‌های ۳، ۴ و جدول ۱۱)، وضعیت شاخص‌های بیابان‌زدایی در این شهرستان‌ها مثبت ارزیابی می‌شود.

با توجه به مباحثی که به اجمال مطرح شد، لازم است در برنامه‌ریزی‌ها و سرمایه‌گذاری‌های آتی به منظور دستیابی به توسعه پایدار بیابان‌زدایی به ترتیب نتایج حاصله در زمینه توسعه فعلی شاخص‌های بیابان‌زدایی، منابع بالقوه تحت خطر بیابان‌زدایی و وسعت اراضی بیابانی مورد توجه قرار گیرد.

یادداشت‌ها

1. Modified Numerical Taxonomy (MNT)
2. Morris Model
3. Shanons Entropy Model
4. Scalogram Model
5. Analytical Hierarchy Process (AHP)
6. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
7. Information theory
8. Broad
9. Shanon
10. Degree of Diversification
11. Harmonic Decision Matrix (HDM)
12. Convergence
13. Multiple Attribute Decision Making (MADM)
14. Incommensurable

هر یگان مطالعاتی، اولویت شاخص‌ها نسبت به هم در دستیابی به نتایج مورد توجه قرار می‌گیرد. و همچنین از آن‌جا که درستی ارزش‌گذاری شاخص‌ها در واحدهای مطالعاتی، در مدل تاکسونومی، در مرحله شناسایی واحدهای ناهمگن موردنظر قرار می‌گیرد، این مدل‌ها از نظر دستیابی به نتایج صحیح‌تر، ارجح بر مدل موربیس و اسکالوگرام هستند.

به طور کلی بررسی و تحلیل صورت گرفته نشان می‌دهد که سه شهرستان یزد، تفت و مهریز مشترکاً با ضریب اولویت صفر (نسبت نزدیکی صفر درصد) دارای نامساعدترین و ناپایدارترین شرایط هستند. در این بین اگر چه وسعت اراضی بیابانی شهرستان تفت و مهریز (به ترتیب معادل ۱۲۰ و ۱۲۴ هزار هکتار) و نسبت آن به کل اراضی شهرستان‌های مذکور (به ترتیب معادل ۲۰/۷۴ و ۱۸/۲۸ درصد) ناچیز است (شکل‌های ۳ و ۴) که این محدودیت فعالیت صورت گرفته در زمینه بیابان‌زدایی را توجیه می‌کند، در عین حال، به دلیل وجود منابع بالقوه قابل توجه تحت تأثیر بیابان‌زدایی از جمله اراضی کشاورزی، مراکز صنعتی، تراکم جمعیت و مراکز جمعیتی، آثار توسعه شرایط بیابانی می‌تواند قابل توجه باشد (جدول ۱۱). از طرف دیگر در شهرستان یزد نیز با وجود این که وسعت اراضی بیابانی ناچیز است (۱۴۵ هزار هکتار) (شکل ۳) وسعت اراضی بیابانی نسبت به وسعت شهرستان بالاست (۵۸/۶ درصد) (شکل ۴)، علاوه بر این، این شهرستان مرکز سیاسی استان بوده و در محدوده این شهرستان منابع بالقوه زیادی از جمله مراکز صنعتی و جمعیتی زیادی تحت تأثیر بیابان‌زدایی هستند.

شهرستان‌های ابرکوه، صدوق و خاتم به ترتیب با ضرایب اولویت ۰/۲۲۷۰، ۰/۱۶۵۰ و ۰/۱۱۱۷ (نسبت نزدیکی ۹/۹، ۷/۲ و ۴/۹ درصد) نیز بعد از سه شهرستان ذکر شده از وضعیت نامناسب و ناپایداری برخوردارند و شهرستان میبد نیز با ضرایب اولویت ۰/۳۵۲۵ (نسبت نزدیکی ۱۵/۵ درصد) از وضعیت نسبتاً مناسبی برخوردار هستند. با توجه به این که شهرستان خاتم و ابرکوه واجد اراضی وسیع کشاورزی، مراتع و جنگل‌های دست‌کاشت می‌باشند، (به ترتیب معادل ۶۰۰ و ۲۴۶ هزار هکتار) از این حیث می‌توانند تحت تأثیر قرار گیرند. همچنین با توجه به بالا بودن نسبت اراضی بیابانی به کل اراضی شهرستان‌های میبد و صدوق (به ترتیب معادل ۴۶/۹۶ و ۵۰/۷۳ درصد) (شکل ۴) و با توجه به نزدیک بودن به مرکز سیاسی و جمعیتی استان و امکان تحت تأثیر قرار گرفتن مراکز جمعیتی روستایی و کارگاه‌های

فهرست منابع

- احمدی، ح. ۱۳۸۷. ژنومرفولوژی کاربردی، بیابان و فرسایش بادی. انتشارات دانشگاه تهران.
- آذر، ع. ۱۳۸۰. بسط و توسعه روش آنتروپی شانن برای پردازش داده‌ها در تحلیل محتوی. فصلنامه علوم انسانی دانشگاه الزهراء(س)، ۳۷ و ۳۸: ۱-۱۸.
- آذر، ع. و رجب زاده، ع. ۱۳۹۶. تصمیم‌گیری کاربردی، رویکرد MADM، چاپ هفتم، انتشارات نگاه دانش.
- اصغرپور، م. ج. ۱۳۹۴. تصمیم‌گیری چند معیاره. انتشارات دانشگاه تهران.
- اکبری، م.؛ کریم زاده، ح. ر.؛ مدرس، ر. و چکشی، ب. ۱۳۸۶. ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زایی با فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی منطقه خشک شمال اصفهان. مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۲: ۱۲۴-۱۴۲.
- بدری، س. ع. ۱۳۶۹. مکانیابی مراکز توسعه روستایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.
- تقوایی، م.؛ وارثی، ح. ر. و شیخ بیگلر، ر. ۱۳۹۰. تحلیل نابرابری‌های توسعه ناحیه‌ای، پژوهش‌های جغرافیای انسانی. ۱: ۷۸-۵۳-۱۶۸.
- سازمان جنگل‌ها مراتع و آبخیزداری کشور. ۱۳۸۴. برنامه ملی مدیریت مناطق بیابانی کشور، معاونت امور مراتع و خاک.
- صادقی روش، م. ح. ۱۳۹۲. کاربرد مدل موریس در طبقه‌بندی و تحلیل توسعه یافتگی بیابان‌زدایی در سطح شهرستان‌های استان یزد، فصلنامه مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست. ۱: ۲۳-۳۵.
- صادقی روش، م. ح. ۱۳۹۵. کاربرد مدل آنتروپی شانن در پهنه‌بندی توسعه یافتگی شهرستان‌های استان یزد از دیدگاه بیابان‌زدایی، فضای جغرافیایی، ۱۶(۵۴): ۱۱۳-۱۳۳.
- صادقی روش، م. ح. ۱۳۹۶. تحلیل سطوح توسعه‌یافتگی عملکردهای بیابان‌زدایی شهرستان‌های استان یزد با کاربرد مدل اسکالوگرام. پایداری، توسعه و محیط زیست، ۴(۱): ۲۸-۱۵.
- صفرزاده، ب. و رحمانی، ب. ۱۳۹۴. جایگاه ارتباط شاخص‌های خدمات شهری و جمعیت در ارزیابی درجه توسعه یافتگی شهرهای استان اردبیل با استفاده از مدل TOPSIS. نشریه آمایش محیط. ۸(۳۰): ۱-۸.
- طلوعی اشلقی، ع.؛ غریب، ا.؛ دادرسی، ک. و قراخانی، د. ۱۳۹۳. سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار با به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه. دانش سرمایه‌گذاری. ۳(۱۱): ۲۲۳-۲۳۸.
- عالی‌پور، م.؛ قدوسی، ج.؛ محمدی، ع. و امیدواری، م. ۱۳۹۵. ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری بهینه از پارکهای جنگلی. مجله پایداری، توسعه و محیط زیست. ۲(۴): ۳۸-۵۰.
- ملک زاده، غ. ۱۳۸۷. ارزیابی و رتبه‌بندی سطح فناوری شش شاخص صنعتی منتخب استان خراسان با استفاده از روش TOPSIS، مجله دانش و توسعه. ۲۳: ۱۵۰-۱۳۲.
- Ardielli, E. 2016. Comparison of Multiple Criteria Decision Making (MCDM) approaches evaluating e-government development, *Littera Scripta*, 9(2): 10-24.
- Bednarik, M.; Magulova, B.; Matys, M. & Marschalko, M. 2010. Landslide susceptibility assessment of the Kral ovany-Liptovsky Mikulas railway case study, *Physics and Chemistry of the Earth*, 35(3-5):162-171.
- Copus, A. K. & Crabtree, J. R. 1999. Indicators of socio - economic sustainability: an application to remote rural Scotland. *Rural Studies*, 12: 41-54.
- [ESCAP] United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. 1994. Guidelines for Rural center planning, New York, United Nation, 25 pp.

- Abdel-Malak, F. F.; Issa, U. H.; Yehia H. Miky, Y. H. & Osman. E. A. 2017. Applying decision making techniques to civil engineering projects. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences.(In Press) Doi: 10.1016/j.bjbas.2017.05.004.
- Hwang, C. L. & Yoon, K. P. 1981. Multiple attribute decision making: methods and applications. Springer, New York. 181 pp.
- Kazimieras Zavadskas, E.; Mardani, A.; Turskis, Z.; Juson, A. & Nor, K. M. 2016. Development to TOPSIS method to solve complicated decision making problems an overview on development from 2000 to 2015. International Journal of Information Technology & Decision Making, 15(3): 645-682.
- Ketabi, S.; Fathi, S.; Asgarnezhad Nouri, B. & Shekarchizadeh Esfahani, S. 2012. Ranking Stock Exchange Development of the Selected Countries Using TOPSIS Method, Basic and Applied Scientific Research, 2(8): 8311-8320.
- Sadeghi Ravesh M. H.; Ahmadi, H.; Zehtabian, Gh. R. & Tahmoures, M. 2013. Application of Taxonomy Analysis in Sustainable Development Planning of Combating Desertification. DESERT. 17: 147-159.
- Shannon, C. E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical, 27(3): 379-423.
- Soleimani-damaneh, M. & Zarepisheh, M. 2009. Shannons entropy combining the efficiency results of different DEA models: Method and application, Expert System With Applications, 36(3): 5146-5150.
- Srdjerici, B. 2004. An object multi-criteria evaluation of water management scenarios, Water resources management, 18: 33-54.
- Xiajing, D. & Junjie, Z. 2011. The TOPSIS Analysis on Regional Disparity of Economic Development in Zhejiang Province, Canadian Social Science, 7 (5): 135-139.
- Zand, F. & Dinpanah, G. 2013. The Survey Development of Rural Residential Places through TOPSIS Technique, Case study: District of Sharifabad, Pakdasht Township, Tehran Province, Iran. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4 (10): 2520-2525.