نشریه علمی سد و نیروگاه برق آبی ایران
سال دهم/ شماره سی و سوم/ بهار ۱۴۰۲

Journal of Iranian Dam and Hydroelectric Power Plant
10th Year/ No. 33/ June 2023

مدل ریاضی تحلیل پایداری روند توسعه با کاربرد در بخش آب ایران

عیسی بزرگزاده[۱]
سید جمشید موسوی[۲*]

چکیده

هر کشوری با هر سطحی از توسعه‌یافتگی به دنبال توسعه بیشتر است. در این مقاله، با ارائه یک روش ابتکاری برگرفته از مفهوم کار و ارتباط آن با نیرو و جهت اعمال آن، نگرش جدیدی به شـــاخص‌های توسعه‌ای و به طور ویژه شاخص توسعه فراگیر (*IDI*) پیشنهاد شده است. این روش، توسعه‌ای بر روی *IDI* اســت که جنبه های اقتصـــادی، اجتماعی و زیســـت محیطی را در نظر می‌گیرد. برای این کار، کشورها بر اساس الگوی *IDI* خود، گروه‌بندی شده و برای تعیین کمیت میزان سازگاری منابع ملی مورد استفاده با استراتژی‌های توسعه برنامه‌ریزی‌شده، تجزیه و تحلیل شدند. نتایج به‌دست‌آمده برای هر کشور بینشی را در مورد اینکه آیا استفاده از منابع اضافی می‌تواند شاخص توسعه را بیشتر بهبود بخشد یا نیاز به تجدید نظر یا تغییر استراتژی‌های برنامه‌ریزی‌شده، قبل از انجام هر اقدام دیگری ارائه می‌دهد. با بررسی شاخص *IDI*، نروژ، لوکزامبورگ و سوئیس در بهترین شرایط توسعه قرار دارند و ایران بعد از کشورهایی چون آذربایجان، رومانی و اروگوئه با گوشه ۱۳۴ درجه در دسته ۴ قرار دارد که نشان می‌دهد سرمایه‌ها و دارایی‌ها در ایران، نه تنها در راستای درست و با هدف دستیابی به توسعه پایدار هزینه نمی‌شوند، چه بسا در راستایی صد در صد ناسازگار به کار می‌روند. متعاقباً، بر اساس مدل آب و رشد سبز که برای ارزیابی نهادی و تحلیل ابزارهای سیاستی پیشنهاد شده است، پروژه‌های بخش آب ایران ارزیابی شد. این تحلیل بر اساس پرسشنامه‌هایی که توسط کارشناسان دانشگاه و صنعت پاسخ داده شده است، انجام شد. همچنین از مجموع امتیازهای بدست آمده از نهادهای سه‌گانه در پرسشنامه، امتیاز کلی ایران برابر ۴/۱۹ از ۹ بدست می‌آید که نشان دهنده نیاز به بازنگری در استراتژی‌ها و برنامه‌های بخش آب کشور را آشکارتر می‌نماید.

واژه‌های کلیدی:
توسعه پایدار، روند توسعه، شاخص توسعه فراگیر، راهبرد، منابع، کارآمدی

[۱] دانشجوی دکتری عمران آب، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ایران
[۲] *استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ایران (ایمیل :jmosavi@aut.ac.ir)

علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

مقدمه

توسعه یک فرآیند منظم در همه کشورها است و هرگز متوقف نمی شود. حکمرانان یا تصمیم گیرندگان برنامه‌های توسعه‌ای را برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده تنظیم می‌کنند. انقلاب صنعتی توسعه را سرعت بخشیده و تاب آوری[1] محیط زیست را به خطر انداخته است. تا پیش از انقلاب صنعتی محدوده به‌کارگیری از منابع طبیعی در محدوده تاب‌آور قرارداشت. ولی با افزایش تصاعدی به‌کارگیری منابع طبیعی، چالش‌های محیط زیستی متعددی بروز نموده است (*WGG, 2015*). در پاسخ به این چالش‌ها ایده توسعه پایدار[2] متولد شده است. بیش از سه دهه از پیدایش رسمی این ایده می‌گذرد و اکنون می‌توان گفت که این ایده با پذیرش همگانی روبرو شده است (گروبر[3]، ۲۰۰۷) . اما در خصوص چگونگی پیاده‌سازی آن، همواره گفتگوها و نظریه‌پردازی‌های گوناگونی وجود داشته است. ایده‌ها و روش‌های گوناگونی مانند بازده اکوسیستمی[4] و مدیریت یکپارچه منابع آب[5]، برای پیاده‌سازی آرمان‌های توسعه پایدار معرفی شده‌اند. پیدایش پارادایم‌هایی نظیر اقتصاد سبز[6]، رشد سبز[7]، رشد سبز فراگیر[8] و آب و رشد سبز[9]، کوشش‌هایی است که در این راستا انجام شده است (بزرگ زاده[10]، ۱۳۹۷). بازده اکولوژیکی نخستین بار از سوی شورای جهانی کسب و کار[11] (*WBCSD*) برای توسعه‌ی پایدار در سال ۱۹۹۲ معرفی شد. بازده اکولوژیکی هر دو بخش بازده اقتصادی و اکولوژیکی را هدف قرار داده و به معنی توجه به مفهوم جدیدی از کسب و کار است که رویکرد کمینه‌سازی استفاده از انرژی، مواد و سایر منابع، به ازای هر واحد تولید را دنبال می‌کند. این رویکرد مفاهیمی مانند پاسخ‌گویی (مسئولیت) محیط‌زیستی را با سوددهی ترکیب می‌کند (*2000 ;WBCSD*). عموماً رکن توسعه‌ی اجتماعی، در اجرای سیاست‌های رشد سبز، از توجه کمتری برخوردار بوده است. نشست ریو+۲۰ در سال ۲۰۱۲ به بررسی جنبه اجتماعی در اقتصاد سبز پرداخت.

سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (*OECD, 2010*)، رشد سبز را به عنوان "تقویت رشد و توسعه‌ی اقتصادی ضمن تضمین وجود دارایی‌های طبیعی، به منظور تأمین منابع و سرویس‌های محیط زیستی که رفاه بشر را در پی دارد" معرفی کرده است. "رشد سبز فراگیر" که توسط بانک جهانی (۲۰۱۲) ابداع شد، رشدی "کارا" است که استفاده از منابع طبیعی، "پاک" با هدف کمینه‌سازی آلودگی و اثرات مخرب محیط‌زیستی و همچنین "تاب آور" را هدف گرفته است و به دنبال افزایش قدرت احیا و مدیریت محیط زیست و سرمایه‌های طبیعی در مواجهه با خطرات طبیعی است (بانک جهانی[12]، ۲۰۱۲) .

سالانه بخش قابل توجهی از منابع مالی کشورها با سطوح مختلف توسعه یافتگی، صرف اجرای برنامه‌ها و طرح‌های توسعه‌ای می‌شود که بر اساس پارادایم‌های توسعه ذکر شده در بالا ساختار یافته‌اند. با این وجود، در بیشتر مواقع، بین دستاوردهای این برنامه‌ها و طرح‌ها با چشم‌اندازهای طرح ریزی شده، زاویه وجود دارد. عدم دستیابی به هدف‌های از پیش طرح‌ریزی شده، موجب چالش‌های فراوان اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی می‌شود. پایش اقدامات و فرایندها با بکارگیری مستمر سنجنده‌ها[13] روشی متداول در ارزیابی روندهای توسعه است.

استفاده از شاخص‌ها در سیاست‌گذاری‌ها از دهه ۱۹۲۰ میلادی آغاز شده است. شاخص مطلوب متغیری است که اطلاعات را ساده‌تر می‌کند و پدیده‌ای با اهمیت را قابل درک ساخته و اطلاعات را به صورت کمی ارائه می‌کند (کاتر[14]، ۲۰۰۸). به‌کارگیری شاخص اقتصادی از دهه ۱۹۴۰ میلادی

[1] Resilience
[2] Sustainable development
[3] Grober
[4] Ecofficiency
[5] Integrated water resources management
[6] Green economy
[7] Green growth
[8] Inclusive green growth
[9] Water and green growth
[10] Bozorgzadeh
[11] World Business Council for Sustainable Development
[12] World Bank
[13] Indicators
[14] Cutter

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

فراگیر شد. از جمله این شاخص‌ها، می‌توان به شاخص تولید ناخالص داخلی[1] (*GDP*) اشاره کرد. ریشه این شاخص به قرن ۱۷ میلادی برمی‌گردد. با وجود کاربرد گسترده، نقدهای فراوانی به آن وجود دارد. به‌طور مثال، این شاخص هیچ اطلاعاتی در خصوص توزیع تولید یا ثمرات آن ارائه نمی‌کند. همچنین، تولید ناخالص داخلی خسارت‌های ناشی از تولید به ویژه خسارت‌های محیط زیستی را به حساب نمی‌آورد (ون دن برگ[2]، ۲۰۱۰؛ گرتنر[3]، ۲۰۱۰). شاخص جینی[4] یا ضریب جینی، شاخص اقتصادی دیگری است که برای محاسبه توزیع ثروت در میان مردم به‌کار گرفته می‌شود. بالا بودن این ضریب در یک کشور معمولاً به عنوان شاخصی از بالا بودن اختلاف طبقاتی و نابرابری درآمدی در کشورها در نظر گرفته می‌شود. این شاخص نیز با چالش‌های مهمی مواجه است. به‌طور مثال، در این شاخص، نابرابری‌های فرصت‌ها اندازه‌گیری نمی‌شود (بلوو[5] و همکاران، ۲۰۰۶).

پس از شاخص‌های اقتصادی، شاخص‌های اجتماعی در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ مورد توجه قرار گرفتند. شاخص توسعه انسانی[6] از این دسته شاخص‌ها به‌شمار می‌آید. این شاخص، شاخصی ترکیبی است و برای سنجیدن موفقیت در هر کشور، سه معیار پایه از توسعه انسانی شامل زندگی طولانی و سالم، دسترسی به دانش و معرفت و سطح زندگی مناسب را در نظر می‌گیرد *(UNDP; 2010)*.

با مطرح شدن مفهوم توسعه پایدار و نقش کلیدی رکن محیط زیست در آن، شاخص‌هایی برای ارزیابی سازگاری با محیط زیست در دهه ۱۹۹۰ توسعه یافتند (برکمن[7]، ۲۰۰۷). در سالیان اخیر، شاخص‌های متعددی برای برآورد آسیب پذیری[8]، پایداری[9] و کیفیت زندگی[10] معرفی شده‌اند که از میان آن‌ها می‌توان به شاخص آسیب پذیری اجتماعی به تغییرات اقلیم در آفریقا[11] (وینسنت[12]، ۲۰۰۴)، شاخص آسیب پذیری رایج[13] (آدگر[14] و همکاران، ۲۰۰۴)، شاخص آسیب پذیری زیست محیطی[15] (*UNEP, 2005*)، شاخص پایداری زیست محیطی[16] (استی[17] و همکاران، ۲۰۰۵) و شاخص رفاه لگاتوم[18] اشاره کرد (لگاتوم، ۲۰۱۸). شاخص آسیب پذیری اقلیمی[19] به آسیب پذیری تنوع اقلیمی اشاره دارد. این شاخص، فاکتور ریسک را به عنوان تابعی از آسیب پذیری بیوفیزیکی[20] و اجتماعی نشان می‌دهد. هدف از این شاخص، شناسایی عوامل آسیب‌پذیری اجتماعی و ظرفیت سازگاری است. شاخص آسیب‌پذیری اجتماعی[21] به تغییرات اقلیم در آفریقا از مفهوم تغییرات جهانی آب و هوایی در آسیب پذیری‌های اجتماعی با ظرفیت سازگاری استفاده می‌کند (گالوپین، ۲۰۰۶). کاربرد اصلی این شاخص در پدیده‌هایی چون خشکسالی است. چارچوب آن مفاهیم آسیب پذیری‌های اجتماعی، محدوده آسیب پذیر و ظرفیت سازگاری را با یکدیگر ادغام و یکپارچه می‌سازد. این شاخص با استفاده از ۹ متغیر که شامل مواردی چون درصد افراد فقیر، میزان دسترسی به وسایل ارتباط جمعی و غیره است به عنوان شاخص آسیب پذیری اجتماعی محسوب می‌شود (گال[22]، ۲۰۰۷).

شاخص پایداری زیست محیطی[23] به ارزیابی ۱۴۶ کشور بر اساس پنج مولفه اصلی سیستم‌های محیط زیستی، تنش‌های محیطی، آسیب پذیری انسان به تنش‌های محیطی، ظرفیت اجتماعی و سازمانی و نظارت جهانی می‌پردازد. این شاخص

[1] Gross Domestic Product
[2] Van Den Bergh
[3] Gertner
[4] Gini Coefficient
[5] Bellù
[6] Human Development Index
[7] Birkmann
[8] Vulnerability
[9] Sustainability
[10] Quality of life
[11] Social Vulnerability to Climate Change in Africa
[12] Vincent
[13] Current Vulnerability Index
[14] Adger
[15] Environmental Vulnerability Index
[16] Environmental Sustainability Index
[17] Esty
[18] Legatum Prosperity Index
[19] Climate Vulnerability Index
[20] Biophysical vulnerability
[21] Social Vulnerability Index
[22] Gall
[23] Environmental Sustainability Index

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

با بهره‌گیری از ۲۱ زیر شاخص میزان پایداری محیط زیست را محک می‌زند (استی و همکاران، ۲۰۰۵).

از دیگر شاخص‌های پرکاربرد که همزمان جنبه‌های مختلفی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد، شاخص فقر آبی[1] است. مفهوم فقر آبی، در واقع بیان می‌دارد که مردم به دو دلیل زیر از کم آبی رنج ببرند: (۱) به دلیل نبودن آب کافی برای بر طرف کردن نیازهای اولیه شان (۲) به دلیل نداشتن درآمد کافی، چرا که حتی اگر آب در دسترس باشد توانایی خرید آن را ندارند (لاورنس و سولیوان[2]، ۲۰۰۳) . بر اساس این تعریف و با هدف ارزیابی درجه‌ای که کمبود آب بر جوامع بشری تأثیر گذار خواهد بود، اصطلاح فقر آبی در شاخص *WPI* در نظر گرفته شد (سولیوان[3]، ۲۰۰۲). توسعه چنین شاخصی به تصمیم گیرندگان کمک می‌کند تا جنبه‌های فیزیکی، اقتصادی و اجتمایی را که با کمبود آبی ارتباط دارد، شناسایی کنند. اخیراً، مجمع جهانی اقتصاد، شاخص جدیدی را با نام شاخص توسعه فراگیر ارائه کرده است که از سوی محققین و صاحب‌نظران با استقبال رو به رو شده است.

بخش قابل توجهی از منابع مالی کشورها صرف اجرای طرح های توسعه می‌شود. بنابراین، برنامه‌ریزی این پروژه‌ها مطابق با الگوی توسعه پایدار ضروری است. با این وجود، در بیشتر موارد، تفاوت‌هایی بین دستاوردها و اهداف پیش‌بینی شده وجود داشته که منجر به چالش‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی می‌شود. اما بدون استفاده از روش‌های ارزیابی قابل اعتماد، نمی‌توان تغییرات اجتماعی در نتیجه توسعه را بررسی نمود. امروزه ارزیابی تأثیر سیاست‌های توسعه و نتایج قابل رویت تصمیم‌گیری‌ها بر فرآیند توسعه، به یک مساله مهم مبدل شده است (دالیوال و تولوچ[4]، ۲۰۱۲). ارزیابی توسعه به توسعه نوآوری‌ها برای سازگاری با واقعیت‌های نوظهور و پویا در محیط‌های پیچیده کمک می‌کند (پاتون[5]، ۲۰۱۰). در این راستا، محدودیتی که وجود دارد، در دسترس بودن رویکردها و مدل‌های سیستماتیکی است که می‌توانند به طور کمّی، اثربخشی استراتژی‌ها و منابع صرف شده در فرآیند توسعه را ارزیابی کنند.

این پژوهش با استفاده از *IDI* به عنوان یکی از جامع‌ترین شاخص‌های پیشنهادی برای سنجش پایداری و توسعه، رویکرد کمّی را برای تحلیل پایداری فرآیند توسعه پیشنهاد می‌کند. هدف آن آشکارسازی لایه‌ها و حقایق پنهانی است که با شناسایی تهدیدها و آسیب‌های ناشی از فقدان استراتژی‌های مناسب یا عدم اجرای آنها نادیده گرفته شده‌اند. با وام گرفتن ایده‌ای از مفهوم "کار" انجام شده در قانون دوم نیوتن در فیزیک، چارچوبی را ارائه می‌کنیم که سازگاری بین استراتژی‌ها و منابع و اقدامات مربوطه را که تحت این استراتژی‌ها انجام می‌شود، اندازه‌گیری می‌کند. این به ما امکان می دهد تا به طور کمّی ارزیابی کنیم که نتیجه نهایی برنامه‌های توسعه، چقدر مؤثر است و چه اقداماتی باید انجام شود.

توسعه و پیشرفت در ایران

امر توسعه، هرگز تعطیل شدنی نیست. دستور توسعه در همه‌ی کشورها، برنامه همیشگی دولت‌مردان بوده و هست. در بسیاری از کشورها چون ایران، تصمیم‌گیران برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده توسعه، سالیانی دراز برنامه‌ریزی کرده‌اند، راهبردهای توسعه را تعیین کرده‌اند، اهداف توسعه‌ای را در بخش‌های گوناگون طرح‌ریزی کرده‌اند و منابع مالی مورد نیاز را پیش‌بینی و طی چندین دهه ساختارهای دیوانی و اداری را برای رسیدن به این اهداف سازماندهی کرده‌اند. این فرآیند، برای کشوری مانند ایران، به پیدایش پروژه‌های بزرگ و کوچک متعددی انجامید که بسیاری از آنها در حال حاضر به سرانجام رسیده و بهره‌برداری نیز شده‌اند. برای نمونه در بخش آب کشور تا سال ۱۳۵۷ تقریباً ۱۳ سد مخزنی در کشور ساخته شده بود. برابر آمارهای وزارت نیرو تا سال ۱۳۹۷، تعداد سدهای مخزنی بزرگ کشور به حدود ۲۰۵ رسیده است که از بزرگترین آنها

[1] Water poverty index
[2] Lawrence and Sullivan
[3] Sullivan
[4] Dhaliwal and Tulloch
[5] Patton

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

می‌توان به کارون ۳ و گتوند اشاره کرد. چنانچه توجه خود را به همین بخش معطوف نماییم در می‌یابیم که به رغم توسعه سدسازی و توانمندی متخصصان داخلی، امروزه بیشترین نقدهای علمی-مهندسی کشور به این بخش از صنعت آب اختصاص یافته است. شوربختانه، دیگر بخش‌ها مانند صنعت و معدن، راه، شهر سازی و مسکن و حتی آموزش و بهداشت کشور نیز وضعیت مشابهی دارند. گویا همه این کوشش‌ها به توسعه شایسته کشور نینجامیده است. سوال اساسی این است که چرا چنین نتیجه‌ای حاصل شده است؟ آیا در گام نگارش راهبردها لغزش و کژی بوده است؟ آیا فرآیند پیدایش پروژه‌ها و شناسایی کنش‌ها به درستی پیموده نشده است؟ آیا منابع بسنده و کافی برای انجام پروژه‌ها در دسترس نبوده است؟ در پاسخ باید گفت، برای کشوری مانند ایران، دست کم بر روی کاغذ راهبردهای توسعه در بسیاری از بخش‌ها کم و بیش درست و چه بسا، آرمانی طرح‌ریزی شده‌اند. در سالیان گذشته نیز به کمک درآمدهای نفتی، پول و سرمایه فراوانی به سوی پروژه‌ها سرازیر شده است. پس چرا درآمدها و سودهای حاصل از این پروژه‌ها نتوانست و نمی‌تواند در پیشرفت کشور کارساز باشد. پاسخ به این پرسش با استفاده از روشی جدید و کمّی موضوع اصلی این تحقیق و نوشتار آن است.

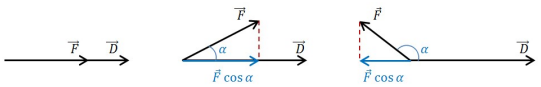
روش شناسی ارزیابی و تفسیر روند توسعه

در فیزیک پایه، پرسشی آشنا وجود دارد؛ کسی با سنگینی $W1$ جامه‌دانی به سنگینی $W2$ را در راهی هموار به درازای $L1$ جابجا می‌کند. پرسش این است که نیروی وزن او و جامه‌دان $(W1+W2)$ در راستای جابجایی چه اندازه کار انجام داده است؟ پاسخ این پرسش بسیار نغز و تکان دهنده است! هیچ! چون راستای نیرو (سنگینی $W1+W2$) هم راستای جابجایی مطلوب نبوده است. در این راستا، بردار نیرو با راستای جابجایی زاویه ۹۰ درجه می‌سازد و بنابراین درازای تصویر نیرو بر راستای مطلوب صفر بوده و نیروهای فوق کار مفیدی انجام نداده‌اند!

گویی این نمونه، داستان توسعه در کشوری مانند ایران است. نیرو هزینه می‌شود، بار سنگینی بدوش کشیده می‌شود ولی کار مفیدی ان گونه که انتظار می رود، انجام نمی شود؛ زیرا نیرو در راستای راهبردهای درست نبوده است. در فیزیک پایه اندازه کار انجام شده از فرمول (۱) محاسبه می شود:

$$E = \vec{F}.\vec{D} = |F||D|Cos\,\alpha \qquad (۱)$$

که در آن E کار انجام شده، $\vec{F}$ بردار نیرو، $\vec{D}$ بردار مکان و α گوشه میان دو بردار $\vec{F}$ و $\vec{D}$ است. اگر نیروی $\vec{F}$ با بردار $\vec{D}$ هم راستا باشند (شکل ۱-الف) آنگاه بیشترین کارمایه، سودمندی و خواسته‌ها بدست می‌آید.



(الف) (ب) (ج)

شکل ۱- چگونگی راستاهای $\vec{D}$ و $\vec{F}$ در برابر هم

اگر گوشه میان راستای دو بردار تند باشد (شکل ۱-ب)، آنگاه $\vec{F}$ در راستای $\vec{D}$ کارکردی سودمند دارد و چنانچه این زاویه باز باشد (شکل ۱-ج)، کارکرد $\vec{F}$ در راستای مطلوب پاد ارزش و ناخواستنی است و نه تنها کار مطلوب انجام نمی‌شود، چه بسا زیان‌آور می‌شود.

معادله (۱) به خوبی می‌تواند روشنگر رابطه دارایی‌ها و منابع هزینه شده در قلمروهای توسعه‌ای و راستای راهبردهای درست توسعه از یک سو و اهداف توسعه‌ای بدست آمده از سوی دیگر باشد. اگر فرض شود منابع و دارایی‌های کشور یا نیروی پیشران توسعه همان بردار $\vec{F}$ و راهبردهای درست از پیش تعیین شده بردار $\vec{D}$ باشد، آنگاه اگر منابع و دارایی‌ها در راستای راهبردهای بکار آیند، می‌توان امیدوار بود که اهداف و خواسته‌های توسعه‌ای E از معادله (۱) بدست آیند. بر اساس رابطه پیش گفته چنانچه منابع، نیروها و توانایی‌ها به درستی و کامل در بستر و راستای راهبردهای کارساز، مطلوب و طرح‌ریزی شده بکارگرفته شود $(\alpha=0)$ ؛ آنگاه به اندازه Ep (معادله ۲) به اهداف خواستنی و از پیش برنامه‌ریزی شده می‌رسیم.

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

$$E_P = \vec{F}.\vec{D} = |F||D| \quad (۲)$$

آشکار است که Ep (اهداف برنامه‌ریزی شده و مورد نظر) برآمده از بردارهای $\vec{F}$ و $\vec{D}$ است که یک حالت ایده‌ال است. اگر بین راستای منابع، نیروها و توانایی‌هایی که هزینه می‌شود و راستای راهبردهای درست توسعه‌ای اختلافی وجود داشته باشد، (گوشه α باشد) مقدار E کمتر از Ep خواهد بود. اگر گوشه α بیش از ۹۰ درجه باشد، تأثیر $\vec{F}$ در راستای $\vec{D}$ زیان‌بار خواهد بود. در واقعیت گاهی اهداف و راهبردها تغییر نمی‌کنند، ولی به دلیل محدودیت‌های موجود، همه منابع برنامه‌ریزی شده محقق نمی‌گردد و بنابراین به جای بردار منابع $\vec{F}$ بردار $\vec{f}$ تخصیص می‌یابد. اندازه بردار $\vec{f}$ می‌تولند کوچکتر، برابر و یا بزرگتر از بردار $\vec{F}$ باشد. بنابراین در عمل اهداف محقق شده (Ea) از معادله (۳) قابل برآورد است:

$$E_A = \vec{f}.\vec{D} = |f||D|Cos\alpha \quad (۳)$$

اندازه کارآمدی[1] (e) برابر است با نسبت خواسته های محقق شده به خواسته‌های برنامه‌ریزی شده، بنابراین:

$$e = \frac{E_A}{E_p} = \frac{|f||D|Cos\alpha}{|F||D|} = \frac{|f|}{|F|}Cos\alpha \quad (۴)$$

چنانچه $|f| = k\ |F|$ باشد، آنگاه:

$$\alpha = Cos^{-1}\left(\frac{E_A}{kE_P}\right) = Cos^{-1}\frac{e}{k} \quad (۵)$$

که در آن k نسبت منابع محقق شده در عمل به منابع برنامه ریزی شده است و همیشه بزرگتر از صفر است. ناگفته پیداست که $-1 \le \cos\alpha = e/k \le 1$ و $0 \le \alpha \le 180^\circ$ است. گفتنی است که در مواردی، ممکن است خواسته‌های محقق شده بیش از خواسته های برنامه ریزی شده باشد. این بدان معناست که منابع اختصاص داده شده برای تحقق اهداف بیش از مقدار برنامه ریزی شده بوده و بنابراین k مقداری بیش از یک خواهد بود.

گوشه α، بیانگر میزان انحراف راستای اعمال نیرو و هزینه‌کرد سرمایه‌ها در عمل نسبت به اهداف و راهبردهای درست توسعه‌ای می‌باشد که در این مقاله مورد توجه خواهد بود. با توجه به معادله (۵) برای برآورد گوشه α لازم است، مقادیر Ea، Ep و k محاسبه شوند.

سنجه توسعه فراگیر ۲

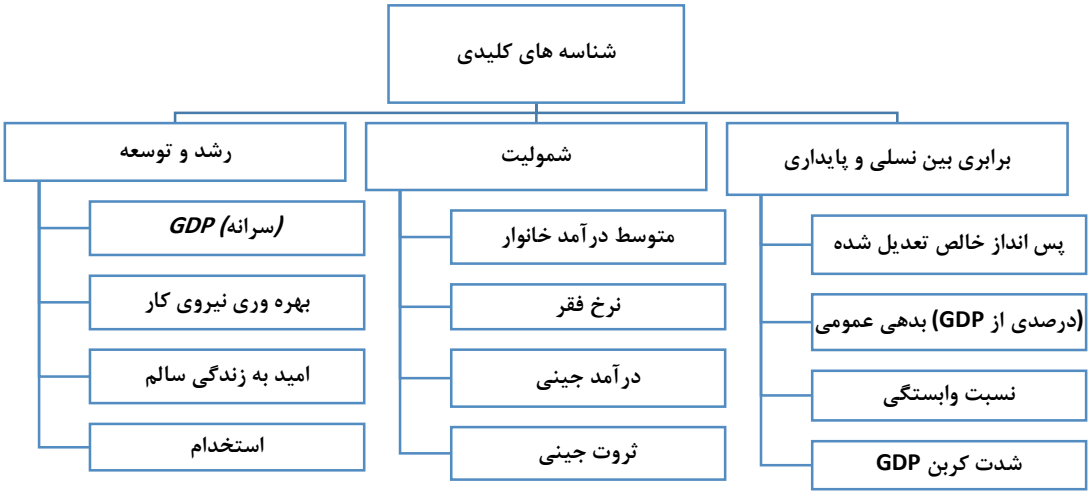
بر اساس معادله (۴)، کارآمدی برابر نسبت خواسته‌های بدست آمده Ea به اهداف طرح‌ریزی شده Ep است. آشکار است خواسته‌ها را باید به کمک سنجه‌ای مناسب سنجید. گزینش نادرست سنجه، می‌تواند ما را به ناکجاآباد رهنمون کند و بخش برجسته‌ای از پاسخ‌ها را ناپدید نماید. برای نمونه، اگر سنجه به گونه‌ای برگزیده شود که نتواند دامنه کوچکتر از صفر را در بر بگیرد، آنگاه بخشی از پاسخ‌ها را از میان می‌برد. سنجه باید به گونه‌ای گزینش و شناسایی گردد که برد $Cos\alpha$ را پوشش دهد. در این راستا می‌توان بجای بسیاری از سنجه‌ها که تنها اندازه‌های بزرگتر از صفر را در بر می‌گیرند، روند تغییر آن‌ها را در یک زنجیره زمانی سنجید. با این کار، هنگامیکه از یک گام زمانی به گام زمانی دیگر اندازه سنجه افزایش یابد، روند تغییر آن بزرگتر از صفر و چنانچه کاهش یابد، کوچکتر از صفر خواهد شد. بنابراین همه برد $Cos\alpha$ پوشش داده می‌شود.

نشست جهانی اقتصاد[3] در گزارش رشد و توسعه فراگیر[4] که هر ساله منتشر می‌شود، با بکارگیری سنجه توسعه فراگیر (IDI) چگونگی توسعه و پیشرفت کشورهای گوناگون را ارزیابی می‌کند. سنجه توسعه فراگیر، در سه بخش تعریف می‌شود (شکل ۲). لازم به ذکر است که امتیاز هر زیر بخش و نیز بازه تغییرات سنجه IDI از یک تا هفت است و عدد ۷، نشان‌دهنده‌ی بهترین جایگاه است. در این تحقیق برای ارزیابی روند توسعه کشورها از سنجه IDI استفاده می شود. مزیت به کارگیری شاخص IDI در این است که ۱) چند بعدی بوده و تعداد زیادی شاخص توسعه را در سه بخش

[1] Effectiveness
[2] Inclusive Development Index
[3] World Economy Forum
[4] The Inclusive Growth and Development

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

اقتصـــادی، اجتماعی و محیط زیســـتی در نظر می‌گیرد، ۲) توسط یک سازمان بین‌المللی معتبر هر ساله منتشر می‌شود و نتایج آن در دسترس عموم قرار دارد، ۳) از داده‌های پالایش شده برای محاسبه سنجه *IDI* استفاده می‌کند.



شکل ۲- شناسه‌های کارکردی کلیدی مورد استفاده در محاسبه شاخص *IDI*

در پژوهش کنونی، داده‌هـای *IDI* ۹۹ کشـــور از گزارش سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ بیرون کشیده شده و در جداول (۱) و (۲) پیوست نمایش داده شـده اسـت. در این بررسـی ۲۹ کشور در رده‌ی اقتصادی پیشرفته و ۷۰ کشور در حال توسعه هســـتنـد. بزرگترین *IDI*، از آن کشـــور نروژ (۶/۰۸) و کوچکترین آن (۲/۴۷) برای کشور موزامبیک است. این نشان می‌دهد که کشـور نروژ روی هم رفته در هر سـه بخش و ۱۲ زیربخش پیش گفته، از همه کشورها جایگاه بهتری دارد و از آن سو کشور موزامبیک دارای بدترین جایگاه است.

از آنجا کـه در مقالـه حاضـــر می‌خواهیم انـدازه کـارآمـدی برنامه‌ها، کارشـــیوه‌ها و کنش‌های توســـعه‌ای کشـــورها را بسـنجیم، نیازمند به دانسـتن اهداف برنامه‌ریزی شـده *(Ep)* هســـتیم تا از تقســـیم اهداف بدســـت آمده *(Ea)* به اهداف برنامه‌ریزی شده، بزرگی کارآمدی *(e)* برآورد گردد. در همین راستا ابتدا با توجه به اندازه *IDI*، کشورها به ۵ دسته تقسیم شده اند. کشورهایی که دارای *IDI* بزرگتر از ۵/۵ تا ۶ هستند در دســـته (۱)، کشـــورهایی با *IDI* بزرگتر از ۵ و کوچکتر از ۵/۵ در دسته (۲) و به همین روش سایر دسته ها نیز تعریف گردید (جداول (۱) و (۲)).

برآورد *Ep*

Ep اهداف برنامه‌ریزی شـده اسـت و در پروژه‌ها و طرح‌های گوناگون بر اســـاس ارزیابی شـــرایط پایه محیطی، امکانات و منابع در دســـترس و نیز روش انجام کار برآورد می‌شـــود. استفاده از مدل‌سازی‌های مختلف مانند شبیه‌سازی و ارزیابی پروژه‌ها و طرح‌های مشابه از روشهای پرکاربرد در این زمینه است. در این بررسی، هدف ارائه روش های ممکن پیش‌گفته در تعیین *Ep* و انجام مراحل لازم برای آن نیســـت؛ علیرغم آن، خوشبختانه در گزارش‌های نشست جهانی اقتصاد، افزون بر شـاخص *IDI* داده دیگری به نام روند ۵ سـاله *IDI* وجود دارد که به کمک آن می‌توان روشـــی را برای برآورد *Ep* ارائه کرد. بدین منظور از دو سناریوی میانگین روندهای هر دسته و بیشینه روندهای هر دسته بهره گرفته شده است.

- ســـناریوی میانگین روندهای هر دســـته: در این ســـناریو، نخست، میانگین روندهای ۵ ساله *IDI* برای همه کشورهایی که مقدار مثبت دارند در هر دسـته تعیین می‌شـود و سـپس

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

برای هر کشور از میان میانگین مذکور و مقدار بیشینه روند ۵ ساله برای آن کشور، آن که بزرگ تر است، به عنوان مقدار رشد برنامه‌ریزی شده IDI یا g در نظر گرفته می‌شود. مقدار $PIDI_{t+1}$ برنامه ریزی شده و Ep از روابط زیر برآورد می‌شود:

$$PIDI_{t+1}=IDI_t*(1+g/100)$$

$$Ep=PIDI_{t+1}-IDI_t$$

گفتنی است برای دسته آخر، چون هیچ یک از کشورها، دارای روند مثبت نبوده اند، از کمترین مقدار میانگین دسته‌های دیگر استفاده شده است.

- سناریوی بیشینه روندهای هردسته: همه کارهای انجام شده، شبیه سناریوی قبل است به جز آنکه، به جای مقدار میانگین روندهای مثبت کشورهای هر دسته، از مقدار بیشینه آن دسته استفاده می‌شود.

در گام بعد، اندازه کارآمدی e از معادله (۴) برآورد می‌شود. در ادامه مقدار $Cos\alpha$ یا اندازه گرایش و نیز گوشه α از معادله (۵) بدست می‌آید. گفتنی است در صورتی‌که اندازه e/k یا $Cos\alpha$ بزرگتر از ۱ و یا کوچکتر از ۱- شود، با تنظیم مقدار k مقدار $Cos\alpha$ به ۱ و ۱- تبدیل می گردد.

α و $Cos\ \alpha$

گوشه α در حقیقت راستای اعمال بردار منابع و دارایی‌های $\vec{f}$ برای دستیابی به اهداف خواسته است و $Cos\ \alpha$ اندازه گرایش نامیده شده است. با نگاهی به α می‌توانیم درکی از میزان انحراف از مسیر درست $\vec{D}$ را بفهمیم. α در حقیقت به ما می‌گوید که فرمان هزینه کردن منابع و دارایی‌ها را چقدر باید بچرخانیم تا در راستای درست باشیم. در این مقاله برای مقدار α، پنج ناحیه به شرح جدول (۱) تعیین شده است. می‌توان گفت که همه کشورهایی که در یک ناحیه قرار می‌گیرند، الگوی یکسانی برای دستیابی به بهبود را دارند البته مقدار بهبود متفاوت است.

جدول (۱) ناحیه‌بندی گوشه α، گرایش متناظر و اقدامات اصلاحی

ناحیه	گوشه α	$Cos\ \alpha$	اقدام اصلاحی پیشنهادی برای دستیابی به شرایط بهتر
۱	$\alpha \leq ۲۵$	$cos\alpha \geq ۰/۹$	راستای اعمال نیروی $\vec{f}$ هزینه‌کرد دارایی ها و سرمایه‌ها درست بوده و نیازی به بهبود معنی‌دار ندارد و تنها باید فرایند پایش را به صورت مداوم انجام داد. برای دستیابی به عملکرد بهتر، تنها کافی است به مقدار $\vec{f}$ بیفزاییم.
۲	$۲۵<\alpha \leq ۶۰$	$۰/۹> cos\alpha \geq ۰/۵$	اگرچه راستای اعمال نیروی $\vec{f}$ از راستای راهبردهای درست $\vec{D}$ فاصله دارد، ولی همچنان گوشه α تند است. برای دستیابی به عملکرد بهتر هم می‌توان بر مقدار $\vec{f}$ افزود و هم راستای هزینه‌کرد دارایی‌ها و سرمایه‌ها را به راستای درست $\vec{D}$ نزدیکتر کرد.
۳	$۶۰<\alpha \leq ۹۰$	$۰/۵> cos\alpha \geq ۰$	چرخش راستای بردار $\vec{f}$ به سمت بردار درست راهبردها $\vec{D}$ ضروری است. کاهش گوشه α در بهبود عملکرد کارسازتر از افزایش $\vec{f}$ است.
۴	$۹۰<\alpha \leq ۱۲۰$	$-۰/۵> cos\alpha \geq ۰$	نیروی $\vec{f}$ در راستای نادرست اعمال شده و بهبود راهبردها حیاتی است. تصویر نیروی $\vec{f}$ بر بردار راهبردهای درست $\vec{D}$ ناهمسوست

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

ناحیه	گوشه α	$Cos\ \alpha$	اقدام اصلاحی پیشنهادی برای دستیابی به شرایط بهتر
			و کارکرد نیروی $\vec{f}$ در این راستا پاد ارزش است. اصلاح راستای بکارگیری نیروی $\vec{f}$ ضروری است.
۵	α>۱۲۰≤۱۸۰	-۱< $cos\alpha$ ≤-۰/۵	راستای اعمال نیروی $\vec{f}$ از راستای درست $\vec{D}$ فاصله بسیار زیادی دارد. توقف اعمال نیروی $\vec{f}$ در راستای نادرست و کاهش گوشه α یا بهبود راهبردها ضروری است.

نتایج و بحث

در شکل ۳، تقسیم‌بندی کشورهای مختلف، بر اساس گوشه α ، نشان داده شده است. از بین کشورهای مورد مطالعه، آنهایی که در دسته اول $(IDI \geq 5.5)$ جای می‌گیرند عبارتند از نروژ، لوکزامبورگ و سوئیس. میانگین افزایش روندهای ۵ ساله مثبت IDI در این دسته برابر ۱/۸۶ درصد و مقدار بیشینه برابر ۱/۸۷ درصد است. مقدار g برای هر کشور برای هر دو سناریو در جداول (۱) و (۲) پیوست، ارائه شده است. با کمک g، مقدار Ep یا اهداف برنامه‌ریزی شده، برآورد شد. با داشتن Ea و Ep برای کشورهای این دسته، مقدار e و در پی آن گوشه α به ترتیب از معادلات (۴) و (۵) برآورد می شود. همانگونه که در جداول (۱) و (۲) پیوست آمده است، مقدار گوشه α برای کشورهای لوکزامبورگ و سوئیس، صفر (گرایش یک) و برای نروژ، حدود ۵۳ درجه (گرایش ۰/۵۳) برآورد شده است. پیام این است که در این دوره، نروژ در برخی از زمینه‌های ۱۲ گانه، عملکرد خوبی نداشته است. در کشورهای سوئیس و لوکزامبورگ، دو بردار $\vec{f}$ و $\vec{D}$ هم راستا هستند (شکل ۳؛ $\vec{f}$ در ناحیه اول است) و می‌توان گفت سرمایه و دارایی‌هایی که در این کشورها هزینه شده است، هم‌سو با راهبردهای درست توسعه و پیشرفت فراگیر بوده است. این کشورها برای دستیابی به جایگاه بهتر، تنها باید اندازه $\vec{f}$ را بیشتر نموده و سرمایه و دارایی‌های بیشتری را هزینه کنند. در لوکزامبورگ و سوئیس، مقدار k بزرگتر از یک است و این نشان می‌دهد که می‌توان مقدار Ep (اهداف برنامه‌ریزی شده) را افزایش داد. به سخن دیگر در سال ۲۰۱۸ بزرگی $\vec{f}$ بیشتر از $\vec{F}$ مورد نیاز برای دستیابی به Ep است و یا اینکه Ep در برابر $\vec{f}$ بکار گرفته شده کوچک است و جای افزایش دارد.

کشورهای ایسلند، دانمارک، سوئد، هلند، استرالیا، نیوزلند، اتریش، فنلاند و ایرلند در دسته دوم $(5 \leq IDI < 5.5)$ جای دارند. مقادیر میانگین و بیشینه روندهای ۵ ساله برای کشور های این دسته برابر ۲/۰۳۵ و ۴/۵۸درصد است. در سناریوی میانگین، مقدار گوشه α برای همه کشورها به جز نیوزلند، برابر صفر و برای نیوزلند ۳۳ درجه است. در سناریوی دوم، گوشه α برای کشورهای استرالیا و نیوزلند، به ترتیب ۴۱ و ۴۷ درجه است و شرایط کشورهای دیگر تغییر نمی‌کند. نتایج برای همه کشورهای دسته دوم در جداول (۱) و (۲) پیوست آمده است. کشورهای ایسلند، دانمارک، سوئد، هلند، اتریش، فنلاند و ایرلند همانند سوئیس هستند. پیام این است که همه این کشورها کوشش کرده‌اند تا نیرو، دارایی و سرمایه‌های خود را در راستای راهبردهای درست و برای دستیابی به سنجه بالاتری در پیشرفت و توسعه فراگیر هزینه کنند و در این راستا پیروز شده‌اند. آنها باید همچنان و در همان زمینه‌ها و قلمروهای توسعه‌ای و با همان برنامه‌ها و شگردها کار کنند. آنها نیازی به جابجایی راستای نیروی $\vec{f}$ و یا بهبود راهبردها ندارند و هرچه $\vec{f}$ بیشتر بکار برند، کامیابی آنها نیز بیشتر خواهد بود. شرایط برای کشورهای نیوزلند و استرالیا کمی متفاوت است (شکل ۳؛ $\vec{f}$ در ناحیه دوم است). اگرچه در این کشورها، گوشه α بزرگ بوده و گرایش ($Cos\alpha$) با یک فاصله دارد ولی هنوز α یک گوشه

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

تند است. بنابراین می‌توان گفت که این کشورها برای دستیابی به کارآمدی بیشتر در توسعه و پیشرفت فراگیر، هم باید نیرو و سرمایه‌ای را که در این بخش هزینه می‌کند افزایش دهند و هم آنکه راستای $\vec{f}$ را به راستای راهبردهای درست توسعه $\vec{D}$ نزدیک کنند. این کار، با بازنویسی و یا ویرایش برنامه‌ها و کارشیوه‌های کنونی و یا با جابجایی قلمروهای توسعه، شدنی است. روی هم رفته، باید گفت چون گوشه α، کوچکتر از ۶۰ درجه است، دستیابی به عملکرد بهتر، بیش از آنکه به بهبود برنامه‌ها و کارشیوه‌ها نیازمند باشد، افزایش $\vec{f}$ می‌خواهد. برای گوشه‌هایی کمتر از ۶۰ درجه برای دستیابی به عملکرد بهتر، افزایش $\vec{f}$ بر بهبود راهبردها برتری دارد و برای گوشه‌های بزرگ‌تر از آن بهبود راهبرد بر افزایش $\vec{f}$ می‌چربد.

دسته سوم، مربوط به $4.5 \leq IDI < 5$ است. ۱۸ کشور مانند آلمان، کره جنوبی، کانادا، بلژیک، در رده‌های بالای این دسته و رومانی، استونی، لتونی و پاناما در جایگاه‌های پائین هستند. مقادیر میانگین و بیشینه روندهای ۵ ساله برای کشورهای این دسته برابر ۲/۲۹ و ۵/۱۷ درصد است. در سناریوی میانگین رشد، کشورهایی مانند آلمان، کره، کانادا، بلژیک، فرانسه و چک، دارای گوشه α برابر صفر و جایگاه بسیار خوب هستند (شکل ۳؛ $\vec{f}$ در ناحیه اول است). اندازه k، برای آنها بزرگتر از یک بوده و نشان از آن دارد که Ep می‌تواند برای آنها افزایش یابد. در کشورهای هلند، اسلواکی و پاناما که گوشه α در آنها بیش از ۶۰ و کمتر از ۹۰ درجه است، بهبود راهبردها و کاهش گوشه α در بهبود عملکرد، کارسازتر از افزایش $\vec{f}$ است (شکل ۳؛ $\vec{f}$ در ناحیه سوم است). اگر چه هنوز سایه $\vec{f}$ بر راستای بردار راهبردها $\vec{D}$ همراه و هم راستا است، ولی بخش چشمگیری از $\vec{f}$ هرز رفته و تباه می‌شود و به کار پیشرفت و توسعه فراگیر نمی‌آید. در چنین کشورهایی، بهبود راستای $\vec{f}$ و نزدیک‌سازی آن به راستای راهبردهای درست، بایسته است. همانگونه که پیشتر گفته شد، نزدیک‌سازی راستای $\vec{f}$ با راستای درست $\vec{D}$ با بازنگری در برنامه‌ها و شگردهای کاری کنونی و یا پایش پایبندی به راهبردهای درست در فرآیند گزینش قلمروهای توسعه و پیدایش پروژه‌ها و طرح‌ریزی کنش‌ها شدنی است.

گوشه α، در کشورهای آذربایجان، اروگوئه و رومانی بیش از ۹۰ درجه و Ea منفی است. این نشان می‌دهد که نیروی $\vec{f}$ در راستای نادرست به کار گرفته شده است و بهبود راهبردها حیاتی است (شکل ۳؛ $\vec{f}$ در ناحیه چهارم است). به سخن دیگر، این کشورها در دوره بررسی، لغزش‌هایی در طرح‌ریزی برنامه‌ها و کارشیوه‌ها داشته اند؛ به گونه‌ای که جایگاه آنها را پایین آورده است. هنگامیکه اندازه گوشه α، بیش از ۹۰ درجه است، سایه نیروی $\vec{f}$ بر راستای راهبردها $\vec{D}$ ناهمسو است و کارکرد نیروی $\vec{f}$ در این راستا پادارزش است. بنابراین بهبود $\vec{f}$ بدون اصلاح $Cos\alpha$ و راستای بکارگیری نیروی $\vec{f}$، ارزشی نخواهد داشت. این کشورها باید بی‌درنگ بررسی‌هایی برای آسیب‌شناسی و گزندیابی انجام دهند و سپس به بازنگری و ویرایش کارشیوه‌ها و برنامه‌ها در بخش‌های آسیب پذیر بپردازد. باید ارزیابی کنند که آیا به راستی طرح‌ریزی راهبردها نادرست بوده است یا در فرآیند پیدایش پروژه‌ها و طرح‌ریزی کنش‌ها و کارشیوه‌ها، به این راهبردها نگاه نشده است و قلمرو و زمینه‌های کاری و بکارگیری $\vec{f}$، بدون در نظر گرفتن این راهبردها شناسایی و انتخاب شده‌اند. چنانچه، راهبردهای درست از پیش آماده باشد، تنها باید مراقب بود تا فهرست کارها و کنش‌ها سازگار با این راهبردها باشد. به سخن دیگر، به جای طرح‌ریزی راستای بردار $\vec{D}$، باید تنها راستای بکارگیری نیروی $\vec{f}$ را به راستای $\vec{D}$ نزدیک کرد. چنانچه لغزش راهبردی شناسایی گردد، آنگاه، باید نخست با بازنگری راهبردها، بردار $\vec{D}$، طرح‌ریزی دوباره شده و سپس راستای بکارگیری $\vec{f}$ را اصلاح کرد. چنانچه α، بین ۹۰ تا ۱۲۰ درجه باشد، همه توان باید به بهبود $Cos\alpha$ و یا راستای بکارگیری $\vec{f}$ بپردازد و هرگونه کوششی برای بهبود اندازه $\vec{f}$ ناکارآمد است. هنگامی که به جای سناریوی میانگین رشد، سناریوی رشد

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

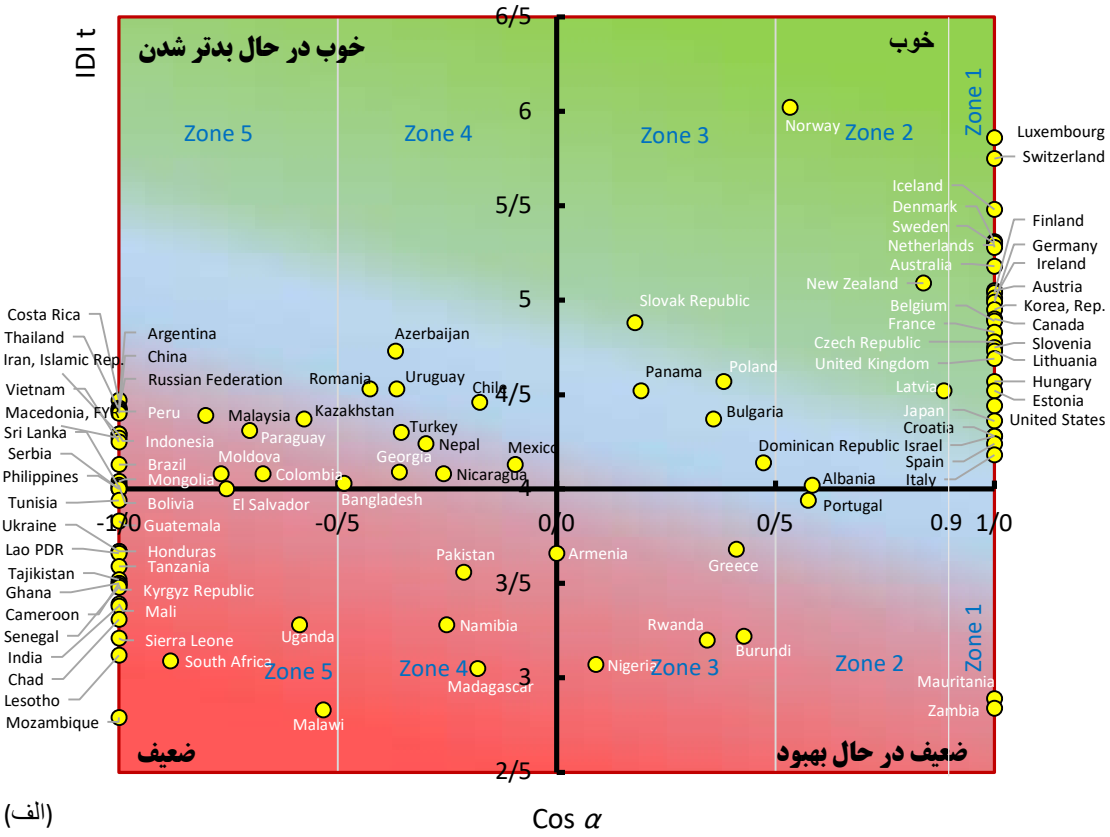
بیشـــینه را در نظر بگیریم، ملاحظه می‌گردد که کشـــورهای آلمان، بلژیک، چک و اســـتونی ناحیه خود را حفظ می‌کنند ولی برخی دیگر از کشـــورها، مانند کره، کلنادا، فرانســـه و استونی، به ناحیه مجاور جا به جا می‌شوند (شکل ۳).

در دسته چهارم *(4.5>IDI≥4)* ۳۵ کشور جای می‌گیرند از آمریکا و ژاپن گرفته تا بولیوی و ســـریلانکا. در جداول (۱) و (۲) پیوست، نتایج تحلیل این دسته نشان داده شده است. مقدار میانگین روند این دســـته۲/۵۵۶ و بیشـــینه روند ۷/۱درصـد اسـت. در سـناریوی میانگین، کشـورهای زیادی مانند کاسـتاریکا، آرژانتین، تایلند و روسـیه دارای گوشـه α بیش از ۱۲۰ درجه هستند. برای کشورهایی که در آنها گوشه α بزرگتر از ۱۲۰ درجه اسـت، می‌توان گفت که راسـتای به کارگیری $\vec{f}$ از راسـتای راهبردهای درسـت $\vec{D}$ بسـیار دور است، بنابراین به کارگیری $\vec{f}$ زیان‌های سختی وارد می‌کند و چه بسـا بهتر آن اسـت که پیش از بهبود راهبرها از هزینه کردن سرمایه‌ها و نیروی $\vec{f}$ خودداری شود (شکل ۳؛ $\vec{f}$ در ناحیه پنجم اســـت). چنین کشـــورهایی که دارای گرایش کوچکتر از صـفر هسـتند و گوشـه α بزرگتر از ۱۲۰ درجه دارند، سـایه $\vec{f}$ در راسـتای $\vec{D}$ بزرگ و ناهمسـو اسـت. در چنین رخدادی، کاهش $\vec{f}$ پیشـنهاد می‌گردد. افزون بر این، باید واکاوی گسترده و ژرفی انجام شود تا مشخص شود چرا چنین چالشـــی پدید آمده اســـت؟ آیا راهبردها نادرســـت طرح‌ریزی شـده‌اند یا اینکه اگرچه راهبردها درسـت هسـتند، ولی در زمان انجام و پیاده‌سازی، پایبندی شایسـته و بایسـته به راهبردها نبوده است. در این کشورها، شاید بهبود راهبردها در بخش‌هایی که آسـیب‌پذیر هسـتند نیاز باشـد. افزون بر بهبود راهبردهـا، دوری گزینی از روش و رفتـار کنونی در بخش‌های ناجور باید آنی در دستور کار جای گیرد. به سخن دیگر باید $\vec{f}$ در آن بخش/بخش‌ها کاهش یابد تا آنکه بهبود درخور و بایسته انجام پذیرد.

ایران نیز در این دسته جای دارد. در سناریوی روند میانگین و بیشـینه گوشـه α برای ایران، به ترتیب برابر ۱۸۰ و ۱۳۴ درجه اسـت. این نشـان می‌دهد که سـرمایه‌ها و دارایی‌ها در ایران نه تنها در راستای درست و با هدف دستیابی به توسعه پایدار هزینه نمی‌شـوند، چه بسـا در راسـتایی صـد در صـد ناسـازگار به کار می‌روند. در بخش بعد، کوشـش می‌شـود تا نتیجه به دست آمده برای ایران صحت‌سنجی شود؛ ولی پیش از آن نتیجه دسته‌های پنجم و ششم نیز در جداول (۱) و(۲) پیوست ارزیابی می‌شود. این دسته‌ها شامل کشورهایی است که در آنها *3.5≤IDI<4* و *IDI<3.5*. میانگین و بیشـــینه روند برای دسـته پنجم ۳/۶۳۳ و ۷/۸ درصـد اسـت و همین پارامترها برای دسـته شـشـم ۱/۳۲۵و ۱/۵۵ درصـد اسـت. اندازه گوشـه α و دیگر بروندادها مانند گرایش و k در جداول (۱) و (۲) پیوست آمده است.

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

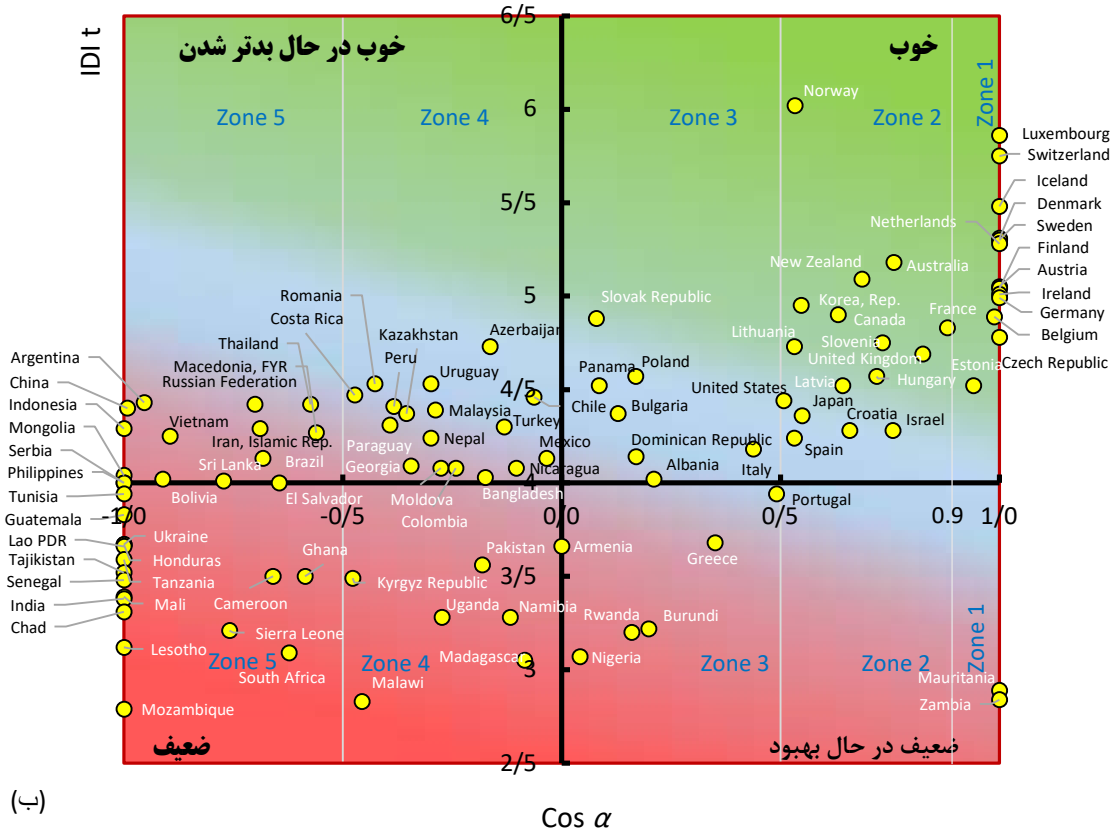
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]



(الف)

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]



شکل ۳- پراکنش کشورها بر اساس ***IDI*** و گرایش و تعیین الگوی راستای بردار ***f*** الف) سناریو میانگین روند و ب) سناریو بیشینه روند

صحت سنجی و تفسیر موردی نتایج روش پیشنهاد شده با استفاده از الگوی رشد سبز

برای ارزیابی نهادهای آب ، دینار و سالث (۲۰۰۵ و ۲۰۰۴) الگویی را به نام «تحلیل نهادی آب[1]» پیشنهاد نمودند. آنها بخش آب را به سه نهاد ساختار دیوانی آب[2]، سیاست آب[3] و قانون آب[4] تقسیم کردند. چند سال بعد، در چارچوب همکاری دوسویه میان شورای جهانی آب و *K-Water* پژوهشی انجام شد و دستاوردهای آن در هفتمین نشست جهانی آب به نام «آب و رشد سبز» در دسترس همه قرار گرفت. آنها الگوی پیشنهادی دینار و سالث را پذیرفته و آن را بهبود دادند؛ به گونه‌ای که نقش بازیگران جامعه و بازار در این الگو، پررنگ تر و برجسته شد. گروه *WGG* برای طرح‌ریزی الگوی خود، نخست به بررسی ۲۶ پروژه در گستره جهانی و سپس موشکافی و بررسی فراگیر و ژرف ۱۱ پروژه در ۱۰ کشور گوناگون پرداختند. برآیند کار، پیشنهاد الگویی برای ارزیابی نهادی و ابزارهای سیاستگذاری[5] بوده است. در این الگو آنها بخش آب را به سه نهاد زمامداری[6]، بازارگرا[7] و جامعه محور[8] افراز کردند و چهار ابزار سیاست گذاری برجسته را در هر بخش پیشنهاد نمودند.

بزرگ زاده (۱۳۹۶) با استفاده از الگوی پیشنهادی *WGG* ساختار نهادی مدیریت آب ایران را ارزیابی نمود. برای این کار، پرسشنامه‌ای بر مبنای شاخص‌های ذکر شده در جدول

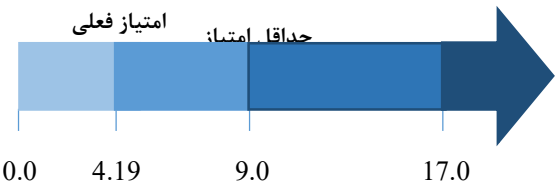
[1] Water Institutional Analysis
[2] Water Administration
[3] Water Policy
[4] Water Law

[5] Policy Instruments
[6] State-driven
[7] Market-oriented
[8] Community-centered

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

۲ را در میان گروهی (۳۵ نفر) از کارشناسان خبره بخش آب کشور پخش و پاسخ‌های دریافتی تحلیل شد. برآیند کار در ستون چهارم جدول ۲ نشان داده شده است.

برای تحلیل روند توسعه، از نتایج بدست آمده در تحقیق فوق، برای برآورد Ep و Ea استفاده می‌شود. با توجه به جدول (۲)، امتیاز کمینه قابل قبول برای هر نهاد زمامداری، بازار گرا و جامعه محور، برابر ۳ و در مجموع برای هر سه نهاد مذکور برابر ۹ است (امتیاز کمینه کلی). همچنین از مجموع امتیازهای بدست آمده از نهادهای سه‌گانه در پرسشنامه، امتیاز کلی برابر ۴/۱۹ بدست می‌آید. از سویی دیگر برابر امتیازات نهایی پیشنهاد شده توسط WGG، امتیاز بیشینه کلی برابر ۱۷ است.



شکل ۴- امتیاز روند توسعه ایران با استفاده از نتایج مدل *WGG*

از کم کردن امتیاز کمینه کلی از امتیاز بیشینه کلی، اندازه بازه پذیرفتنی برابر ۸ بدست می‌آید. همچنین از کم کردن امتیاز کلی بدست آمده (۴/۱۹) از امتیاز کمینه کلی (۹) جایگاه کنونی که برابر (۴/۸۱-) است، برآورد می‌گردد. بنابراین اندازه گرایش برابر است با:

$$9-4.19)/8=-4.81/8=-$$
$$Cos\alpha =(0.6013$$

بر این اساس اندازه گوشه $\alpha=127$ بدست می‌آید. به سخن دیگر، این بررسی نشان می‌دهد که در ایران کارکردهای نهادهای آبی گوناگون و ابزارهای سیاستگذاری، به گونه‌ای است که راستای بردار منابع، نیرو و دارایی‌های بکارگرفته شده، گوشه‌ی باز و برابر ۱۲۷ با راستای راهبردهای درست توسعه‌ای می‌سازد ($\vec{f}$ در ناحیه پنجم است) که این نتیجه، محاسبات قبلی را تأیید می نماید.

جدول ۲- ارزیابی نهادی و ابزارهای سیاستگذاری بر پایه الگوی WGG

نوع نهاد	سیاست	امتیاز در مدل	امتیاز در بررسی	حداقل امتیاز قابل قبول
زمامداری	لایه ها و عملکردهای اداری متوازن	2	0.5	
	برنامه های شاخص سازماندهی شده	2	0.19	
	قانون آب و تنظیم گری	1	1	
	سیاست مالی (یارانه‌ها و مالیات ها)	1	0.22	
	امتیاز زمامداری	6	1.91	3
بازارگرا	سیاست تقویت بخش خصوصی	2	0.69	
	ابزارهای اقتصادی	1	0.13	
	مبادله حقابه	1	0.06	
	مشارکت عمومی خصوصی PPPs	1	0.47	
	امتیاز بازارگرا	5	1.34	3
جامعه محور	روش های یکپارچه	2	0.19	
	مشارکت ذینفعان	2	0.44	
	سیاست حذف تمرکز گرایی	1	0.06	
	مکانیسم حل تعارض و هماهنگی	1	0.26	
	امتیاز جامعه محور	6	0.94	3

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

نوع نهاد	سیاست	امتیاز در مدل	امتیاز در بررسی	حداقل امتیاز قابل قبول
مجموع		17	4.19	9
Ep: بازه پذیرفتنی برای بهتر شدن			8	
Ea: اندازه دوری جایگاه کنونی از تراز کمینه سرتاسری(۴.۱۹-۹)			-4.81	
گرایش (Cosα)			-0.601	
گوشه (α)			127.02	

نتیجه‌گیری

برای ارزیابی پروژه‌ها و برنامه‌های گونگون از شاخص‌های مناسب و مرتبط استفاده می‌شود. برآورد دقیق و به موقع این شاخص‌ها به بررسی‌کننده کمک می‌کند تا به داوری درخصوص کارهای انجام شده دست یابد و کارهای اصلاحی که برای بهبود روش انجام کار ضروری است شناسایی کند. در این مقاله، روشی ارائه شد که با کمک آن می‌توان از شاخص‌ها تفسیر بهتر و ژرف‌تری ارائه کرد و به درک بهتری از پیچیدگی‌ها و مشکلات آن طرح یا پروژه رسید. روش پیشنهاد شده این امکان را فراهم می‌کند تا کامیابی‌ها و ناکامی‌ها را در دو حوزه راهبرد و منابع تفکیک و کمّی کنیم و چشم‌اندازی از نیاز یا عدم نیاز به بهبود راهبردها و یا افزایش و یا کاهش منابع، به دست آوریم. میزان انحراف و یا انطباق اقدامات را با راستای درست توسعه بسنجیم و اگر باید حوزه‌های کاری را تغییر دهیم و یا شدت فعالیت‌ها را کم و زیاد کنیم، درکی از میزان آن را به دست آوریم.

این روش، با کمک شاخص توسعه فراگیر برای شماری از کشورها پیاده شد. کشورهایی که از یک الگوی همانند پیروی کرده‌اند، شناسایی و فهرست شدند. برای هر الگوی بسته به آنکه اندازه گرایش و گوشه α چه باشد، ($\vec{f}$ در چه ناحیه‌ای باشد)، روشی برای بهبود پیشنهاد شد. واکنش‌ها گستره بزرگی را در بر می‌گیرند. از پذیرش روند کنونی، تا بازنگری در راهبردها، برنامه‌ها، کارشیوه‌ها و راستای کارکردی $\vec{f}$ و چه بسا کاهش اندازه $\vec{f}$! باید دانست که یکسان بودن الگوی بهبود به معنی هم سنگ دانستن بزرگی کارهای درمانی نیازین در کشورهای گوناگون نیست! برای نمونه، الگوی روند دگرگونی *IDI* برای دو کشور لهستان و رواندا مانند هم است ولی از آنجائیکه بزرگی *IDI* در کشور لهستان، بسیار بیشتر از رواندا است، پس کارهای درمانی برای کشور رواندا برای رسیدن به تراز شایسته‌ای از شاخص توسعه و پیشرفت فراگیر بسیار بیشتر خواهد بود. الگوی یکسان لهستان و رواندا، تنها می‌گوید که هر دو کشور، نیازمند کدام گونه از کارهای درمانی و چاره‌گری هستند نه آنکه اندازه این چاره‌گری‌ها چیست. اینکه چه اندازه از این چاره‌جویی‌ها برای هر کشور بسنده است به ویژگیهای آن کشور و سنجه *IDI* آن بستگی دارد. ضمنا نتیجه ارزیابی بیشتر و موردی کشور ایران با استفاده از ا/لگوی توسعه سبز با نتیجه بدست آمده از روش پیشنهاد شده همخوانی دارد. جان سخن آنکه، بررسی‌های انجام شده، می‌گوید که الگوی کارکردی بردارهای $\vec{f}$ و $\vec{D}$ چگونه است؟ آیا هم راستا هستند و آیا دارایی‌ها و سرمایه‌های کشور، هم سو با راستای توسعه درست هزینه می‌شود؟ الگوی درمانی (نه اندازه درمان) چیست؟ آیا باید نیرو و سرمایه بیشتری را به کار گرفت یا آنکه باید برنامه‌ها و قلمروهای توسعه را بازشناسی کرد؟ شاید هم نیاز به بازنویسی و بازنگری راهبردهای توسعه‌ای، برنامه‌ها و شگردهای کاری باشد.

مراجع

۱. بزرگ زاده، ع. آب و رشد سبز؛ فراتر از تئوری برای توسعه پایدار (ترجمه) انتشارات مهندسان مشاور ایران، ۱۳۹۷.

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

۲.بزرگ‌زاده، ع. ارزیابی نظام حکمرانی آب کشور و پیشنهاد اصلاحات نهادی (پیاده‌سازی مدل WGG یا مدل بهبود یافته IDA، اولین اجلاس هم‌اندیشی با متخصصان علوم آب و محیط‌زیست، وزارت نیرو، ۱۰ اسفند ۱۳۹۶.

3. Adger, W.N. 2006. Vulnerability. Global Environ. Change 16, 268–281. Aidt, T.S., 2009. Corruption, institutions, and economic development. Oxford Rev. Econ. Policy 25 (2), 271–291.
4. Adger, W. N., N. Brooks, G. Bentham, M. Agnew and S. Eriksen (2004). "New indicators of vulnerability and adaptive capacity." Norwich, UK: Tyndall Centre for Climate Change Research. Available at: http://www.tyndall.ac.uk/theme3/final_reports/it1_11.pdf
5. Birkmann, J. (2007). "Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications." Environmental Hazards 7 (1): 20-31.
6. Bellù, L. G. and Liberati, P. (2006). "Inequality Analysis – The Gini Index" Food and Agriculture Organization, United Nations.
7. Esty, D.C., Levy, M. Srebotnjak, T. and de Sherbinin A. 2005. "2005 Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship." New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. For more information: http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/compendium.html
8. Gall, M. (2007). Indices of Social Vulnerability to Natural Hazards: A Comparative Evaluation. Columbia, SC: University of South Carolina, Department of Geography Doctoral Dissertation, 231
9. Gallopin, G. (2006). "Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity." Global Environmental Change 16(3): 293-303.
10. Gertner, J. (May 13, 2010). "The Rise and Fall of G.D.P." New York Times Magazine.
11. Keh, H.T. Chu, S. Xu, J. Efficiency, effectiveness and productivity of marketing in services, European Journal of Operational Research, 170 (2006), pp. 265-276.
12. Lawrence, P., Jeremy, M. and Caroline, S. "The Water Poverty Index: International Comparisions." 2002. The Water Poverty Index: an International Comparison, Natural Resources Forum: a United Nations Journal, Vol. 27(3), 2003, pp. 189-19
13. Lawrence, P., Meigh, J., and Sullivan, C. 2003. "The Water Poverty Index: An international comparison." Keele economic research papers 2002/19, Keele University, Staffordshire, U.K.
14. Legatum Prosperity Index Report 2018
15. Linna, P. Pekkola, S. Ukko, J. Melkas, H. Defining and measuring productivity in the public sector: managerial perceptions, International Journal of Public Sector Management, 23 (2010), pp. 479-499.
16. McLaughlin, C.P. Coffey, S. Measuring productivity in services, International Journal of Service Industry Management, 1 (1990), pp. 46-64
17. Prescott-Allen, R. (2001). The Wellbeing of Nations. Washington D.C.: Island Press.
18. Roghanian, P. Rasli, A. Gheysari, H. Productivity Through Effectiveness and Efficiency in the Banking Industry, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 40, (2012), Pp. 550-556.
19. Saleth, R. M. and Dinar, A. (2004). The Institutional Economics of Water: A Cross-Country Analysis of Institutions and Performance. Cheltenham, U.K. and Northampton, MA, USA: Edgar Elgar Publishing and Washington D.C.: The World Bank.
20. Saleth R. M. & Dinar A. (2005). Water Institutional Reforms: Theory and Practice. Water Policy, 2005: 1-19.
21. "The Human Development concept". UNDP. 2010. Retrieved 29 July 2011.
22. Ulrich Grober: Deep roots — A conceptual history of "sustainable development" (Nachhaltigkeit), Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, 2007
23. Van Den Bergh, J. (April 13, 2010). "The Virtues of Ignoring GDP". The Broker.
24. Vincent, K. (2004). "Creating an index of social vulnerability to climate change in Africa." Norwich, UK: Tyndall Centre for Climate Change Research. Available at: http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp56.pdf.
25. WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2000. Eco-efficiency: Creating More Value with Less Impact.
26. World Economic Forum, The Inclusive Development Index, (2017).
27. World Economic Forum, The Inclusive Development Index, (2018).

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

28. WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2000. Eco-efficiency: Creating More Value with Less Impact.

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

نشریه علمی سد و نیروگاه برق آبی ایران
سال دهم/ شماره سی و سوم/ بهار ۱۴۰۲

Journal of Iranian Dam and Hydroelectric Power Plant
10th Year/ No. 33/ June 2023

Mathematical model of stability analysis of the development process with application in Iran's water sector

Eisa Bozorgzadeh[1]
Seyed Jamshid Mousavi*[2]

Abstract

Every country with any level of development seeks further development. In this article, by presenting an innovative method derived from the concept of work and its relationship with power and the direction of its application, a new approach to development indicators and especially the Inclusive Development Index (IDI) is proposed. This method is a development on IDI that takes economic, social and environmental aspects into account. For this work, countries were grouped based on their IDI pattern and analyzed to quantify the compatibility of national resources used with planned development strategies. The results obtained for each country provide an insight into whether the use of additional resources can further improve the development index or the need to revise or change the planned strategies before taking any further action. By examining the IDI index, Norway, Luxembourg and Switzerland are in the best development conditions and Iran is in category 4 after countries like Azerbaijan, Romania and Uruguay with an angle of 134 degrees, which shows that the capital and assets in Iran are not only in the right direction and They are not spent with the aim of achieving sustainable development, perhaps they are used in a 100% incompatible direction. Subsequently, based on the water and green growth model that is proposed for institutional evaluation and analysis of policy instruments, the projects of Iran's water sector were evaluated. This analysis was done based on questionnaires answered by university and industry experts. Also, from the total points obtained from the three institutions in the questionnaire, Iran's overall score is 4.19 out of 9, which shows the final result of the need to revise the strategies and programs of the country's water sector more clearly.

Keywords

Sustainable development, development process, comprehensive development index, strategy, resources, efficiency

[1] PhD candidate in water engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology, Iran

[2*]. Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran (Email: jmosavi@aut.ac.ir)

Received: 2022/12/20 Accepted: 2023/03/15

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

پیوست ها

جدول ۱: براورد گرایش و گوشه α برای کشورهای مختلف (سناریو میانگین روند)

Row	Country	Actual IDI		5 year IDI trend 2017 %	Average of positive trends %	planned Trend (g) %	forecasted IDI 2018	Ea	Ep	Effectiveness	K	Cos α	α	Zone
		2017	2018											
1	Norway	6.02	6.08	1.87	1.86	1.870	6.13	0.06	0.11	0.53	1.0	0.5	58	2
2	Luxembourg	5.86	6.07	-2.49		1.860	5.97	0.21	0.11	1.93	1.9	1.0	0	1
3	Switzerland	5.75	6.05	1.85		1.860	5.86	0.3	0.11	2.81	2.8	1.0	0	1
4	Iceland	5.48	6.07	4.58	2.035	4.580	5.73	0.59	0.25	2.35	2.4	1.0	0	1
5	Denmark	5.31	5.81	1.03		2.035	5.42	0.5	0.11	4.63	4.6	1.0	0	1
6	Sweden	5.3	5.76	-0.84		2.035	5.41	0.46	0.11	4.26	4.3	1.0	0	1
7	Netherlands	5.28	5.61	-1.69		2.035	5.39	0.33	0.11	3.07	3.1	1.0	0	1
8	Australia	5.18	5.36	0.29		2.035	5.29	0.18	0.11	1.71	1.7	1.0	0	1
9	New Zealand	5.09	5.25	3.75		3.750	5.28	0.16	0.19	0.84	1.0	0.8	33	2
10	Austria	5.05	5.35	0.28		2.035	5.15	0.3	0.10	2.92	2.9	1.0	0	1
11	Finland	5.04	5.33	-3.1		2.035	5.14	0.29	0.10	2.83	2.8	1.0	0	1
12	Ireland	5.01	5.44	2.28		2.280	5.12	0.43	0.11	3.76	3.8	1.0	0	1
13	Germany	4.99	5.27	1.91	2.295	2.295	5.10	0.28	0.11	2.45	2.4	1.0	0	1
14	Korea, Rep.	4.95	5.09	1.44		2.295	5.06	0.14	0.11	1.23	1.2	1.0	0	1
15	Canada	4.9	5.06	0.59		2.295	5.01	0.16	0.11	1.42	1.4	1.0	0	1
16	Belgium	4.89	5.14	-0.71		2.295	5.00	0.25	0.11	2.23	2.2	1.0	0	1
17	Slovak Republic	4.88	4.9	-0.11		2.295	4.99	0.02	0.11	0.18	1.0	0.2	80	3
18	France	4.83	5.05	-1.94		2.295	4.94	0.22	0.11	1.99	2.0	1.0	0	1
19	Czech Republic	4.78	5.09	0.89		2.295	4.89	0.31	0.11	2.83	2.8	1.0	0	1
20	Slovenia	4.75	4.93	-6.13		2.295	4.86	0.18	0.11	1.65	1.7	1.0	0	1
21	Lithuania	4.73	4.86	2.01		2.295	4.84	0.13	0.11	1.20	1.2	1.0	0	1
22	Azerbaijan	4.73	4.69	-0.46		2.295	4.84	-0.04	0.11	-0.37	1.0	-0.4	112	4

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

Row	Country	Actual IDI		5 year IDI trend 2017 %	Average of positive trends %	planned Trend (g) %	forecasted IDI 2018	Ea	Ep	Effectiveness	K	Cos α	α	Zone
		2017	2018											
23	United Kingdom	4.69	4.89	-0.61		2.295	4.80	0.2	0.11	1.86	1.9	1.0	0	1
24	Hungary	4.57	4.74	3.14		3.140	4.71	0.17	0.14	1.18	1.2	1.0	0	1
25	Poland	4.57	4.61	1.12		2.295	4.67	0.04	0.10	0.38	1.0	0.4	68	3
26	Uruguay	4.53	4.46	4.23		4.230	4.72	-0.07	0.19	-0.37	1.0	-0.4	111	4
27	Romania	4.53	4.43	5.17		5.170	4.76	-0.1	0.23	-0.43	1.0	-0.4	115	4
28	Estonia	4.52	4.74	-0.36		2.295	4.62	0.22	0.10	2.12	2.1	1.0	0	1
29	Latvia	4.52	4.67	3.75		3.750	4.69	0.15	0.17	0.88	1.0	0.9	28	2
30	Panama	4.52	4.54	0.99		2.295	4.62	0.02	0.10	0.19	1.0	0.2	79	3
31	Costa Rica	4.47	4.32	-0.58		2.556	4.58	-0.15	0.11	-1.31	1.3	-1.0	180	5
32	Chile	4.46	4.44	2.07		2.556	4.57	-0.02	0.11	-0.18	1.0	-0.2	100	4
33	United States	4.44	4.6	0.71		2.556	4.55	0.16	0.11	1.41	1.4	1.0	0	1
34	Argentina	4.43	4.13	-0.11		2.556	4.54	-0.3	0.11	-2.65	2.6	-1.0	180	5
35	Thailand	4.42	4.24	1.12		2.556	4.53	-0.18	0.11	-1.59	1.6	-1.0	180	5
36	Russian Federation	4.42	4.2	1.24		2.556	4.53	-0.22	0.11	-1.95	1.9	-1.0	180	5
37	Peru	4.41	4.29	1.33		2.556	4.52	-0.12	0.11	-1.06	1.1	-1.0	180	5
38	China	4.4	4.09	1.65		2.556	4.51	-0.31	0.11	-2.76	2.8	-1.0	180	5
39	Malaysia	4.39	4.3	1.94	2.556	2.556	4.50	-0.09	0.11	-0.80	1.0	-0.8	143	5
40	Bulgaria	4.37	4.41	-1.11		2.556	4.48	0.04	0.11	0.36	1.0	0.4	69	3
41	Kazakhstan	4.37	4.26	4.36		4.360	4.56	-0.11	0.19	-0.58	1.0	-0.6	125	5
42	Japan	4.36	4.53	-0.61		2.556	4.47	0.17	0.11	1.53	1.5	1.0	0	1
43	Paraguay	4.31	4.19	3.97		3.970	4.48	-0.12	0.17	-0.70	1.0	-0.7	135	5
44	Turkey	4.3	4.26	2.62		2.620	4.41	-0.04	0.11	-0.36	1.0	-0.4	111	4
45	Iran, Islamic Rep.	4.29	4.08	-1.54		2.556	4.40	-0.21	0.11	-1.92	1.9	-1.0	180	5
46	Indonesia	4.29	3.95	0.81		2.556	4.40	-0.34	0.11	-3.10	3.1	-1.0	180	5
47	Israel	4.28	4.51	3.38		3.380	4.42	0.23	0.14	1.59	1.6	1.0	0	1

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

Row	Country	Actual IDI		5 year IDI trend 2017 %	Average of positive trends %	planned Trend (g) %	forecasted IDI 2018	Ea	Ep	Effectiveness	K	Cos α	α	Zone
		2017	2018											
48	Croatia	4.28	4.48	-5.98		2.556	4.39	0.2	0.11	1.83	1.8	1.0	0	1
49	Macedonia, FYR	4.27	4.1	2.72		2.720	4.39	-0.17	0.12	-1.46	1.5	-1.0	180	5
50	Vietnam	4.25	3.98	-1.34		2.556	4.36	-0.27	0.11	-2.49	2.5	-1.0	180	5
51	Spain	4.24	4.4	-6.48		2.556	4.35	0.16	0.11	1.48	1.5	1.0	0	1
52	Nepal	4.24	4.15	7.1		7.100	4.54	-0.09	0.30	-0.30	1.0	-0.3	107	4
53	Italy	4.18	4.31	-4.85		2.556	4.29	0.13	0.11	1.22	1.2	1.0	0	1
54	Dominican Republic	4.14	4.19	-0.85		2.556	4.25	0.05	0.11	0.47	1.0	0.5	62	3
55	Mexico	4.13	4.12	-0.72		2.556	4.24	-0.01	0.11	-0.09	1.0	-0.1	95	4
56	Brazil	4.13	3.93	-0.35		2.556	4.24	-0.2	0.11	-1.89	1.9	-1.0	180	5
57	Georgia	4.09	3.99	6.8		6.800	4.37	-0.1	0.28	-0.36	1.0	-0.4	111	4
58	Nicaragua	4.08	4.05	2.85		2.850	4.20	-0.03	0.12	-0.26	1.0	-0.3	105	4
59	Colombia	4.08	4.01	0.18		2.556	4.18	-0.07	0.10	-0.67	1.0	-0.7	132	5
60	Moldova	4.08	4	1.43		2.556	4.18	-0.08	0.10	-0.77	1.0	-0.8	140	5
61	Mongolia	4.04	3.74	5.56		5.560	4.26	-0.3	0.22	-1.34	1.3	-1.0	180	5
62	Bangladesh	4.03	3.98	0.77		2.556	4.13	-0.05	0.10	-0.49	1.0	-0.5	119	4
63	Albania	4.02	4.08	-5.58		2.556	4.12	0.06	0.10	0.58	1.0	0.6	54	2
64	Bolivia	4.02	3.76	1.06		2.556	4.12	-0.26	0.10	-2.53	2.5	-1.0	180	5
65	Sri Lanka	4.01	3.79	-2.14		2.556	4.11	-0.22	0.10	-2.15	2.1	-1.0	180	5
66	El Salvador	4	3.96	1.1	1.325	1.325	4.05	-0.04	0.05	-0.75	1.0	-0.8	139	5
67	Philippines	4	3.83	-0.52		1.325	4.05	-0.17	0.05	-3.21	3.2	-1.0	180	5
68	Serbia	4	3.7	-5.06		1.325	4.05	-0.3	0.05	-5.66	5.7	-1.0	180	5
69	Portugal	3.94	3.97	-4.61		1.325	3.99	0.03	0.05	0.57	1.0	0.6	55	2
70	Tunisia	3.94	3.82	-3.52		1.325	3.99	-0.12	0.05	-2.30	2.3	-1.0	180	5
71	Guatemala	3.83	3.7	1.55		1.550	3.89	-0.13	0.06	-2.19	2.2	-1.0	180	5
72	Greece	3.68	3.7	-7.87		1.325	3.73	0.02	0.05	0.41	1.0	0.4	66	3
73	Honduras	3.67	3.61	-1.76		1.325	3.72	-0.06	0.05	-1.23	1.2	-1.0	180	5

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

Row	Country	Actual IDI		5 year IDI trend 2017 %	Average of positive trends %	planned Trend (g) %	forecasted IDI 2018	Ea	Ep	Effectiveness	K	Cos α	α	Zone
		2017	2018											
74	Ukraine	3.67	3.42	-3.16		1.325	3.72	-0.25	0.05	-5.14	5.1	-1.0	180	5
75	Armenia	3.66	3.66	-1.86		1.325	3.71	0	0.05	0.00	1.0	0.0	90	3
76	Lao PDR	3.66	3.22	-2.75		1.325	3.71	-0.44	0.05	-9.07	9.1	-1.0	180	5
77	Tanzania	3.59	3.43	-0.09		1.325	3.64	-0.16	0.05	-3.36	3.4	-1.0	180	5
78	Pakistan	3.56	3.55	-0.03		1.325	3.61	-0.01	0.05	-0.21	1.0	-0.2	102	4
79	Tajikistan	3.52	3.3	-3.68		1.325	3.57	-0.22	0.05	-4.72	4.7	-1.0	180	5
80	Ghana	3.5	3.34	-4.97	3.633	3.633	3.63	-0.16	0.13	-1.26	1.3	-1.0	180	5
81	Cameroon	3.5	3.32	-1.46		3.633	3.63	-0.18	0.13	-1.42	1.4	-1.0	180	5
82	Kyrgyz Republic	3.49	3.36	-4.48		3.633	3.62	-0.13	0.13	-1.03	1.0	-1.0	180	5
83	Senegal	3.48	3.09	-4.07		3.633	3.61	-0.39	0.13	-3.08	3.1	-1.0	180	5
84	Mali	3.39	3.1	0.83		3.633	3.51	-0.29	0.12	-2.35	2.4	-1.0	180	5
85	India	3.38	3.09	2.5		3.633	3.50	-0.29	0.12	-2.36	2.4	-1.0	180	5
86	Chad	3.31	2.97	-2.9		3.633	3.43	-0.34	0.12	-2.83	2.8	-1.0	180	5
87	Namibia	3.28	3.25	1.07		3.633	3.40	-0.03	0.12	-0.25	1.0	-0.3	105	4
88	Uganda	3.28	3.21	-4.16		3.633	3.40	-0.07	0.12	-0.59	1.0	-0.6	126	5
89	Burundi	3.22	3.27	-3.23		3.633	3.34	0.05	0.12	0.43	1.0	0.4	65	3
90	Sierra Leone	3.21	3.02	4.1		4.100	3.34	-0.19	0.13	-1.44	1.4	-1.0	180	5
91	Rwanda	3.2	3.24	-8.44		3.633	3.32	0.04	0.12	0.34	1.0	0.3	70	3
92	Lesotho	3.12	2.63	7.8		7.800	3.36	-0.49	0.24	-2.01	2.0	-1.0	180	5
93	South Africa	3.09	2.94	5.5		5.500	3.26	-0.15	0.17	-0.88	1.0	-0.9	152	5
94	Nigeria	3.07	3.08	-2.99		3.633	3.18	0.01	0.11	0.09	1.0	0.1	85	3
95	Madagascar	3.05	3.03	-5.1		3.633	3.16	-0.02	0.11	-0.18	1.0	-0.2	100	4
96	Mauritania	2.89	3	-6.74	1.325	1.325	2.93	0.11	0.04	2.87	2.9	1.0	0	1
97	Zambia	2.84	2.99	-9.69		1.325	2.88	0.15	0.04	3.99	4.0	1.0	0	1
98	Malawi	2.83	2.81	-8.49		1.325	2.87	-0.02	0.04	-0.53	1.0	-0.5	122	5
99	Mozambique	2.79	2.47	-9.27		1.325	2.83	-0.32	0.04	-8.66	8.7	-1.0	180	5

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

جدول ۲: براورد گرایش و گوشه α برای کشورهای مختلف (سناریو روند بیشینه)

Row	Country	Max. 5 years trend %	planned Trend (g) %	forecasted IDI 2018	Ea	Ep	Effectiveness	K	cos α	α	Zone
1	Norway	1.87	1.870	6.13	0.06	0.11	0.53	1.0	0.5	58	2
2	Luxembourg		1.870	5.97	0.21	0.11	1.92	1.9	1.0	0	1
3	Switzerland		1.870	5.86	0.3	0.11	2.79	2.8	1.0	0	1
4	Iceland	4.58	4.580	5.73	0.59	0.25	2.35	2.4	1.0	0	1
5	Denmark		4.580	5.55	0.5	0.24	2.06	2.1	1.0	0	1
6	Sweden		4.580	5.54	0.46	0.24	1.90	1.9	1.0	0	1
7	Netherlands		4.580	5.52	0.33	0.24	1.36	1.4	1.0	0	1
8	Australia		4.580	5.42	0.18	0.24	0.76	1.0	0.8	41	2
9	New Zealand		4.580	5.32	0.16	0.23	0.69	1.0	0.7	47	2
10	Austria		4.580	5.28	0.3	0.23	1.30	1.3	1.0	0	1
11	Finland		4.580	5.27	0.29	0.23	1.26	1.3	1.0	0	1
12	Ireland		4.580	5.24	0.43	0.23	1.87	1.9	1.0	0	1
13	Germany	5.17	5.170	5.25	0.28	0.26	1.09	1.1	1.0	0	1
14	Korea, Rep.		5.170	5.21	0.14	0.26	0.55	1.0	0.5	57	2
15	Canada		5.170	5.15	0.16	0.25	0.63	1.0	0.6	51	2
16	Belgium		5.170	5.14	0.25	0.25	0.99	1.0	1.0	9	1
17	Slovak Republic		5.170	5.13	0.02	0.25	0.08	1.0	0.1	85	3
18	France		5.170	5.08	0.22	0.25	0.88	1.0	0.9	28	2
19	Czech Republic		5.170	5.03	0.31	0.25	1.25	1.3	1.0	0	1
20	Slovenia		5.170	5.00	0.18	0.25	0.73	1.0	0.7	43	2
21	Lithuania		5.170	4.97	0.13	0.24	0.53	1.0	0.5	58	2
22	Azerbaijan		5.170	4.97	-0.04	0.24	-0.16	1.0	-0.2	99	4
23	United Kingdom		5.170	4.93	0.2	0.24	0.82	1.0	0.8	34	2
24	Hungary		5.170	4.81	0.17	0.24	0.72	1.0	0.7	44	2
25	Poland		5.170	4.81	0.04	0.24	0.17	1.0	0.2	80	3
26	Uruguay		5.170	4.76	-0.07	0.23	-0.30	1.0	-0.3	107	4

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

Row	Country	Max. 5 years trend %	planned Trend (g) %	forecasted IDI 2018	Ea	Ep	Effectiveness	K	cos α	α	Zone
27	Romania		5.170	4.76	-0.1	0.23	-0.43	1.0	-0.4	115	4
28	Estonia		5.170	4.75	0.22	0.23	0.94	1.0	0.9	20	1
29	Latvia		5.170	4.75	0.15	0.23	0.64	1.0	0.6	50	2
30	Panama		5.170	4.75	0.02	0.23	0.09	1.0	0.1	85	3
31	Costa Rica	7.1	7.100	4.79	-0.15	0.32	-0.47	1.0	-0.5	118	4
32	Chile		7.100	4.78	-0.02	0.32	-0.06	1.0	-0.1	94	4
33	United States		7.100	4.76	0.16	0.32	0.51	1.0	0.5	59	2
34	Argentina		7.100	4.74	-0.3	0.31	-0.95	1.0	-1.0	162	5
35	Thailand		7.100	4.73	-0.18	0.31	-0.57	1.0	-0.6	125	5
36	Russian Federation		7.100	4.73	-0.22	0.31	-0.70	1.0	-0.7	134	5
37	Peru		7.100	4.72	-0.12	0.31	-0.38	1.0	-0.4	112	4
38	China		7.100	4.71	-0.31	0.31	-0.99	1.0	-1.0	173	5
39	Malaysia		7.100	4.70	-0.09	0.31	-0.29	1.0	-0.3	107	4
40	Bulgaria		7.100	4.68	0.04	0.31	0.13	1.0	0.1	83	3
41	Kazakhstan		7.100	4.68	-0.11	0.31	-0.35	1.0	-0.4	111	4
42	Japan		7.100	4.67	0.17	0.31	0.55	1.0	0.5	57	2
43	Paraguay		7.100	4.62	-0.12	0.31	-0.39	1.0	-0.4	113	4
44	Turkey		7.100	4.61	-0.04	0.31	-0.13	1.0	-0.1	97	4
45	Iran, Islamic Rep.		7.100	4.59	-0.21	0.30	-0.69	1.0	-0.7	134	5
46	Indonesia		7.100	4.59	-0.34	0.30	-1.12	1.1	-1.0	180	5
47	Israel		7.100	4.58	0.23	0.30	0.76	1.0	0.8	41	2
48	Croatia		7.100	4.58	0.2	0.30	0.66	1.0	0.7	49	2
49	Macedonia, FYR		7.100	4.57	-0.17	0.30	-0.56	1.0	-0.6	124	5
50	Vietnam		7.100	4.55	-0.27	0.30	-0.89	1.0	-0.9	153	5
51	Spain		7.100	4.54	0.16	0.30	0.53	1.0	0.5	58	2
52	Nepal		7.100	4.54	-0.09	0.30	-0.30	1.0	-0.3	107	4

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

Row	Country	Max. 5 years trend %	planned Trend (g) %	forecasted IDI 2018	Ea	Ep	Effectiveness	K	cos α	α	Zone
53	Italy		7.100	4.48	0.13	0.30	0.44	1.0	0.4	64	3
54	Dominican Republic		7.100	4.43	0.05	0.29	0.17	1.0	0.2	80	3
55	Mexico		7.100	4.42	-0.01	0.29	-0.03	1.0	0.0	92	4
56	Brazil		7.100	4.42	-0.2	0.29	-0.68	1.0	-0.7	133	5
57	Georgia		7.100	4.38	-0.1	0.29	-0.34	1.0	-0.3	110	4
58	Nicaragua		7.100	4.37	-0.03	0.29	-0.10	1.0	-0.1	96	4
59	Colombia		7.100	4.37	-0.07	0.29	-0.24	1.0	-0.2	104	4
60	Moldova		7.100	4.37	-0.08	0.29	-0.28	1.0	-0.3	106	4
61	Mongolia		7.100	4.33	-0.3	0.29	-1.05	1.0	-1.0	180	5
62	Bangladesh		7.100	4.32	-0.05	0.29	-0.17	1.0	-0.2	100	4
63	Albania		7.100	4.31	0.06	0.29	0.21	1.0	0.2	78	3
64	Bolivia		7.100	4.31	-0.26	0.29	-0.91	1.0	-0.9	156	5
65	Sri Lanka		7.100	4.29	-0.22	0.28	-0.77	1.0	-0.8	141	5
66	El Salvador	1.55	1.550	4.06	-0.04	0.06	-0.65	1.0	-0.6	130	5
67	Philippines		1.550	4.06	-0.17	0.06	-2.74	2.7	-1.0	180	5
68	Serbia		1.550	4.06	-0.3	0.06	-4.84	4.8	-1.0	180	5
69	Portugal		1.550	4.00	0.03	0.06	0.49	1.0	0.5	61	3
70	Tunisia		1.550	4.00	-0.12	0.06	-1.96	2.0	-1.0	180	5
71	Guatemala		1.550	3.89	-0.13	0.06	-2.19	2.2	-1.0	180	5
72	Greece		1.550	3.74	0.02	0.06	0.35	1.0	0.4	69	3
73	Honduras		1.550	3.73	-0.06	0.06	-1.05	1.1	-1.0	180	5
74	Ukraine		1.550	3.73	-0.25	0.06	-4.39	4.4	-1.0	180	5
75	Armenia		1.550	3.72	0	0.06	0.00	1.0	0.0	90	3
76	Lao PDR		1.550	3.72	-0.44	0.06	-7.76	7.8	-1.0	180	5
77	Tanzania		1.550	3.65	-0.16	0.06	-2.88	2.9	-1.0	180	5
78	Pakistan		1.550	3.62	-0.01	0.06	-0.18	1.0	-0.2	100	4

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]

Row	Country	Max. 5 years trend %	planned Trend (g) %	forecasted IDI 2018	Ea	Ep	Effectiveness	K	cos α	α	Zone
79	Tajikistan		1.550	3.57	-0.22	0.05	-4.03	4.0	-1.0	180	5
80	Ghana	7.8	7.800	3.77	-0.16	0.27	-0.59	1.0	-0.6	126	5
81	Cameroon		7.800	3.77	-0.18	0.27	-0.66	1.0	-0.7	131	5
82	Kyrgyz Republic		7.800	3.76	-0.13	0.27	-0.48	1.0	-0.5	118	4
83	Senegal		7.800	3.75	-0.39	0.27	-1.44	1.4	-1.0	180	5
84	Mali		7.800	3.65	-0.29	0.26	-1.10	1.1	-1.0	180	5
85	India		7.800	3.64	-0.29	0.26	-1.10	1.1	-1.0	180	5
86	Chad		7.800	3.57	-0.34	0.26	-1.32	1.3	-1.0	180	5
87	Namibia		7.800	3.54	-0.03	0.26	-0.12	1.0	-0.1	97	4
88	Uganda		7.800	3.54	-0.07	0.26	-0.27	1.0	-0.3	106	4
89	Burundi		7.800	3.47	0.05	0.25	0.20	1.0	0.2	78	3
90	Sierra Leone		7.800	3.46	-0.19	0.25	-0.76	1.0	-0.8	139	5
91	Rwanda		7.800	3.45	0.04	0.25	0.16	1.0	0.2	81	3
92	Lesotho		7.800	3.36	-0.49	0.24	-2.01	2.0	-1.0	180	5
93	South Africa		7.800	3.33	-0.15	0.24	-0.62	1.0	-0.6	128	5
94	Nigeria		7.800	3.31	0.01	0.24	0.04	1.0	0.0	88	3
95	Madagascar		7.800	3.29	-0.02	0.24	-0.08	1.0	-0.1	95	4
96	Mauritania	1.55	1.550	2.93	0.11	0.04	2.46	2.5	1.0	0	1
97	Zambia		1.550	2.88	0.15	0.04	3.41	3.4	1.0	0	1
98	Malawi		1.550	2.87	-0.02	0.04	-0.46	1.0	-0.5	117	4
99	Mozambique		1.550	2.83	-0.32	0.04	-7.40	7.4	-1.0	180	5

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23225882.1402.0.0.5.6]