

شاخص‌های ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی

عباس قاهری<sup>(۱)</sup>

مقدمه

شاخص‌های ارزیابی عملکرد پارامترهای تعیین‌کننده میزان دسترسی به اهداف یک پروژه هستند. این شاخص‌ها در روابط به کار رفته در روش‌های مختلف ارزیابی نقش اساسی و جای خاص خود را دارند.

در این مقاله که سعی بر خلاصه بودن مطالب شده است به موضوعات زیر پرداخته می‌شود.

۱- هدف

۲- مشخصه‌های شاخص‌ها

۳- طبقه‌بندی شاخص‌ها

۴- ضرائب وزنی شاخص‌ها

۵- روش ارزیابی

آنچه در پی آمد این نوشتار می‌خوانید گفته‌های کوتاهی است برداشت شده از گزارشات یک پروژه تحقیقاتی که توسط اعضای گروه کاری ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی برگرفته شده است. امیدواریم نتایج این تحقیق به زودی به طور جامع در اختیار عموم علاقمندان قرار گیرد.

در این جا برای روشن‌تر شدن موضوع در مورد هر یک از موارد پنجگانه فوق توضیح کوتاهی داده می‌شود.

۱- استاد دانشگاه علم و صنعت و عضو هیئت اجرایی و گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

## ۱- هدف

از آنجا که مقوله ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی به دلیل عدم موفقیت غالب پروژه‌ها در رسیدن به اهداف اولیه اکنون در تمام دنیا به جد مورد توجه قرار گرفته است، در تدوین روش‌های ارزیابی شدیداً فعالیت‌های تحقیقاتی رونق گرفته است. روش‌های پیشنهادی فعلی که هر کدام در شرایط خاص و منطقه خاصی برای منظور مشخصی به وجود آمده است نمی‌تواند عمومیت کاربردی داشته باشد، بلکه تدوین روش متکی به پژوهش برای هر فرهنگ و جامعه‌ای امری ضروری است.

در این راستا هدف از مطالعه ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی به وجود آوردن روشی بوده است که بتواند مورد استفاده جامعه ما قرار گیرد. به طور خلاصه:

هدف از این تلاش تدوین روش و دستورالعملی است که:

الف: بکاربردن آن برای ارزیابی عملکرد سیستم بنحوی ساده و عملی باشد که هر فرد یا دستگاهی با هر ایده و هدفی بتواند آنرا مورد استفاده قرار دهد.

ب: نتایج حاصل از کاربرد مدل ملموس و قابل تفسیر باشد.

ج: نقاط ضعف و قوت سیستم را آنچنان نشان دهد که برای بهبود و ارتقای عملکرد سیستم بتواند مورد استفاده قرار گیرد.

د: ارزیابی پروژه از دیدگاه‌های مختلف مقدور باشد.

## ۲- مشخصه‌های شاخص‌ها

شاخص به پارامتری اطلاق می‌شود که نماینده و نشان‌دهنده ارزش، تلاش یا عمل خاصی باشد. از طرفی وسیله‌ای است برای اندازه‌گیری میزان موفقیت در دستیابی به اهداف خاص یک فعالیت.

شاخص‌ها باید شرایط و مشخصات زیر را داشته باشند.

الف: با اهداف پروژه همخوانی داشته باشند.

ارزیابی پروژه‌ها از دیدگاه‌های مختلف انجام می‌گیرد. هدف یا هدف‌های هر پروژه ممکن است با اهداف سایر پروژه‌ها متفاوت باشد. بدیهی است که ارزیابی هر پروژه نیز باید منطبق با اهداف آن باشد. حال اگر دریچه‌ها، منظرها یا دیدگاه‌ها (که هر سه به کار برده شده‌اند)

طبقه‌بندی شوند، می‌توان شاخص‌های خاص هر یک از آنها را نیز در سبدهی جداگانه قرار داد. بنابراین ارزیابی با هدف خاص به سراغ سبدهی خاص هدف یا منظور مورد توجهش خواهد رفت. شاخص‌های برگزیده توسط ارزیاب باید با هدف از ارزیابی که ممکن است همان اهداف اولیه پروژه باشد همخوانی داشته باشد.

ب: پارامترهای بکار رفته در شاخص به آسانی قابل اندازه‌گیری باشند.

گاهی اوقات و در بعضی مقالات و گزارش پژوهش‌ها دیده می‌شود که شاخص‌هایی تعریف شده‌اند با متغیرهای پیچیده که اندازه‌گیری آنها مستلزم ابزار و تخصص‌های در سطوح بالاست. این شاخص‌ها نمی‌تواند در ارزیابی پروژه‌ها مفید باشد، زیرا علاوه بر وقت‌گیری و هزینه‌بری نمی‌تواند از دقت قابل اعتمادی برخوردار باشد. لذا شاخص‌ها باید خاصیت ساده بودن و اندازه‌گیری سال را داشته باشند.

ج: شاخص طوری تدوین شده باشد که ارزیاب نتواند در آن اعمال نظر نماید.

وقتی متغیرهای به کار رفته در شاخص‌ها مقداری باشد و قابل اندازه‌گیری مشهود، دیگر اعمال نظرات افراد در آن مقدور نخواهد بود.

د: قابل تبدیل به عدد و رقم باشد.

شاخص‌های کیفی یا جواب‌های مثبت و منفی یا آری و خیر به علت توصیفی بودن یا قابل تبدیل به عدد و رقم نیستند و یا تبدیل آنها با اعداد و ارقام سلیقه‌ای خواهد بود. لذا شاخص باید عددی و کمی باشد.

ه: نسبی و یا بدون بعد باشد.

برای یکسان‌سازی و گریز از ارائه دامنه‌های وسیع و متنوع برای هر شاخص متوسط افراد مختلف، شاخص را بدون بعد و یا به صورت درصد طراحی می‌نمایند.

### ۳- طبقه‌بندی شاخص‌ها

به گونه‌ای که اشاره شد نظر به اینکه معمولاً ارزیابی یک سیستم آبیاری و زهکشی از یک دیدگاه خاص و توسط فرد مشخص با منظورهای معینی انجام می‌شود، شاخص‌های هر دیدگاه باید در یک دسته قرار گیرد. بدیهی است ارزیابی کلی سیستم از تلفیق نتایج ارزیابی از دیدگاه‌های مختلف بدست می‌آید.

در چارچوب این تحقیق چندین دیدگاه مورد توجه قرار گرفته و بر آن اساس طبقه‌بندی زیر

انجام شده است.

الف: شاخص‌های مدیریتی

ب: شاخص‌های فنی

ج: شاخص‌های اقتصادی و مالی

د: شاخص‌های تولید محصول

ه: شاخص‌های زیست محیطی

و: شاخص‌های اجتماعی

در زیر به صورت نمونه به تعدادی از شاخص‌ها در هر دیدگاه اشاره می‌شود.

### الف: شاخص‌های مدیریتی

شاید مهم‌ترین مؤلفه تأثیرگذار در توفیق یا شکست یک پروژه نحوه اداره و بهره‌برداری و نگهداری از سیستم باشد. شاخص‌های دسته‌بندی شده در این دیدگاه، پارامترهایی هستند که مقدار آنها مستقیماً به مدیریت دستگاه بهره‌بردار بستگی دارد و قابلیت دستگاه اداره‌کننده بر آنها تأثیرگذار است. نمونه‌ای از این شاخص‌ها در زیر آورده شده است.

۱- راندمان‌های آبیاری *Irrigation Efficiency*

(الف-۱) راندمان انتقال ( $e_c$ ) *Conveyance Efficiency*

$$e_c = \frac{V_d}{V_c}$$

$V_d$  = حجم آب تحویل داده شده به سیستم

$V_c$  = حجم آب منحرف شده از رودخانه یا پمپاژ

(الف-۲) راندمان توزیع ( $e_d$ ) *Distribution Efficiency*

$$e_d = \frac{V_f}{V_d}$$

$V_f$  = حجم آب تحویل شده به مزارع

(الف-۳) راندمان کاربرد مزرعه ( $e_a$ ) *Application Efficiency*

$$e_a = \frac{V_m}{V_f}$$

$V_m$  = حجم آب مورد نیاز در سطح مزرعه

الف-۴) راندمان پروژه (Project Efficiency ( $e_p$ ))

$$e_p = e_c \times e_d \times e_a$$

الف-۵) راندمان واحد درجه ۳ (Third Degree Efficiency ( $e_u$ ))

$$e_u = \frac{V_m}{V_d} = e_d \times e_a$$

$$e_s = \frac{V_f}{V_c} = e_c \times e_d \quad \text{الف-۶) راندمان شبکه ( $e_s$ )}$$

الف-۷) راندمان تحویل آب (Delivery Performance Eff. ( $P_D$ ))

$$P_F = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left[ \frac{1}{R} \sum_{j=1}^R (Q_R/Q_D) \right]$$

$T$  = تعداد پریودهای زمانی اندازه‌گیری شده

$R$  = تعداد کل آبگیرهای اندازه‌گیری شده

$Q_R$  = دبی مورد نیاز

$Q_D$  = دبی تحویل شده

الف-۸) شاخص عملکرد بهره‌برداری (Operation Performance Indicator ( $OI$ ))

$$OI = \frac{V_A}{V_I}$$

$V_A$  = حجم آب واقعی تحویلی

$V_I$  = حجم آب تعیین شده در طراحی

الف-۹) شاخص کفایت تحویل (Adequacy Performance Index ( $P_A$ ))

$$P_A = \frac{1}{T} \sum_T \left[ \frac{1}{R} \sum_R (Q_D/Q_R) \right]$$

الف-۱۰) شاخص پایداری زمانی تحویل ( $P_D$ )

$$P_D = \frac{1}{R} \sum_R CV_T(P_A)$$

$CV_T$  = ضریب تغییرات زمانی

الف-۱۱) شاخص پایداری مکانی تحویل یا برابری ( $P_E$ )

$$P_E = \frac{1}{T} \sum_T CV_R(P_A)$$

$CV_R$  = ضریب تغییرات مکانی

## ب: شاخص‌های فنی

شاخص‌های فنی در حقیقت کارآئی مؤلفه‌های فیزیک سیستم را ارزیابی می‌نماید. شاید پس از منظر مدیریت، مؤلفه‌های فیزیکی و ارزیابی سیستم از این دیدگاه نقش مهمی را ایفا نماید. در زیر به صورت مثال تعدادی از این شاخص‌ها داده شده است.

$$e_R = \frac{Ae}{De}$$

(ب-۱) نسبت راندمان طراحی (DER) Design Efficiency Ratio

$De$  = راندمان پیش‌بینی شده در طراحی (انتقال، توزیع، ...)

$Ae$  = راندمان واقعی (انتقال، توزیع، ...)

(ب-۳) نسبت ظرفیت سازه‌های تحویل آب (DSCR) Capacity Ratio of Delivery Structures

$$DSCR = \frac{ADSC}{DDSC}$$

$DDSC$  = ظرفیت پیش‌بینی شده تحویل آب در طراحی در آبگیر

$ADSC$  = ظرفیت واقعی تحویل آب در آبگیر

(ب-۴) نسبت تعداد سازه‌ها در سیستم انتقال (NCSR) Number Ratio of Delivery System Structures

$$NCSR = \frac{NDCS}{NACS}$$

Number Ratio of Delivery System Structures

$NDCS$  = تعداد سازه‌های پیش‌بینی شده در طراحی در سیستم انتقال

$NACS$  = تعداد واقعی سازه‌های سیستم انتقال

## ج: شاخص‌های اقتصادی - مالی

شاخص‌های اقتصادی - مالی تعیین کننده نرخ بازدهی سرمایه‌گذاری در سیستم می‌باشند. به تعدادی از این شاخص‌ها به صورت نمونه ذیلاً اشاره می‌شود. شاخصهای مربوط به درآمد و هزینه‌های پروژه

(ج-۱) شاخص کفایت اعتبارات نگهداری و بهره‌برداری Money Support adequacy Index

(TFV)

$$TFV = \frac{AOMB}{ROMB}$$

$AOMB$  = اعتبارات نگهداری و بهره‌برداری تخصیص داده شده

$ROMB$  = اعتبارات نگهداری و بهره‌برداری مورد نیاز

$$BCR = \frac{B}{C}$$

(ج-۲) نسبت سود به هزینه *Benefit Cost Ratio (BCR)*

$B =$  سود

$C =$  هزینه

$$FRR = \frac{S_c}{S_a}$$

(ج-۳) نسبت برگشت سرمایه *Capital Return Ratio*

$S_c =$  مقدار آب بهای سالیانه جمع آوری شده

$S_a =$  مقدار آب بهای سالیانه پیش بینی شده

$$MBR = \frac{BM}{BOM}$$

(ج-۴) نسبت بودجه نگهداری *(MBR)*

*Maintenance to Maintenance & Operation Ratio*

$BM =$  مقدار بودجه نگهداری

$BOM =$  مقدار بودجه نگهداری و بهره برداری

### د: شاخصهای تولید محصول

در این منظر شاخص‌هایی تعریف شده است که میزان کمی و کیفی تولید محصول را به نسبت مقدار آب و زمین و سرمایه مصرفی تعیین می‌کنند. چند نمونه از این شاخص‌ها به شرح زیرند.

$$AP = \frac{IV}{IP}$$

(د-۱) شاخص عملکرد سطح *Area Performance Index (AP)*

$IV =$  مقدار تولید محصول در واحد سطح

$IP =$  مقدار تولید محصول در واحد سطح پیش بینی شده در طراحی

$$Y_p = \frac{Y_i}{Y_{i+}}$$

(د-۲) شاخص عملکرد محصول *Crop Yield Index (Y<sub>p</sub>)*

$Y_i =$  مقدار تولید واقعی محصول  $i$

$Y_{i+} =$  مقدار پیش بینی شده تولید محصول  $i$

$$IWO = \frac{Y_i}{Y_f}$$

(د-۳) بازده آبیاری *Irrigation Water Efficiency (IWE)*

$Y_f =$  حجم آب مصرفی تحویلی به مزارع

## ه - شاخص‌های زیست محیطی

اثرات مثبت و منفی زیست محیطی در اثر اجرای یک پروژه آبیاری و زهکشی را با شاخص‌هایی که در این زمینه طراحی شده و به تعدادی از آنها ذیلاً اشاره کرده‌ایم اندازه‌گیری و ارزیابی می‌شود.

شاخصهای عملیاتی کوتاه‌مدت

$$ECR = \frac{AECD-ECI}{AECD} \quad \text{Increased Salinity Ratio (ECR) نسبت افزایش شوری (ه-۱)}$$

$ECI$  = غلظت نمک آب ورودی به پروژه

$AECD$  = غلظت میزان نمک زهکش خروجی پروژه

$$\text{Biological Contaminant Increase Ratio (EOR) نسبت افزایش آلودگی‌های بیولوژیک (ه-۲)}$$

$$EOR = \frac{EOI}{EOD}$$

$EOI$  = میزان آلودگی بیولوژیک آب ورودی به پروژه

$EOD$  = میزان آلودگی بیولوژیک زهکش خروجی پروژه

$Organic Contaminant Increase Ratio (OMR)$  نسبت افزایش آلودگی‌های مواد آلی (ه-۳)

$$OMR = \frac{CMI}{CMD}$$

$OMI$  = میزان آلودگی مواد آلی آب ورودی به پروژه

$OMD$  = میزان آلودگی مواد آلی زهکش خروجی پروژه

$$ECPR = \frac{AECD}{DECD} \quad \text{Salinity Performance Ratio (ECPR) نسبت عملکرد شوری (ه-۴)}$$

$AECD$  = میزان نمک واقعی زهکش خروجی

$DECD$  = میزان نمک زهکش خروجی در طراحی

## و - شاخص‌های اجتماعی

این شاخص‌ها درجهٔ برخورداری از رفاه اجتماعی و میزان تأثیرگذاری اجرای پروژه بر سطح زندگی مردم منطقه را بررسی و ارزیابی می‌نمایند.



$$JOR = \frac{PJ}{IJ} \quad \text{Job Oportunity Ratio (JOR) نسبت تولید اشتغال (و-۱)}$$

$PJ$  = میزان اشتغال نیروی کار پس از احداث سیستم در سطح تحت پوشش پروژه، نفر روز در هکتار

$IJ$  = میزان اشتغال نیروی کار اولیه در سطح تحت پوشش پروژه، نفر روز در هکتار

$$JOP = \frac{PJ}{DJ} \quad \text{Job Oportunity Performance (JOP) عملکرد ایجاد اشتغال (و-۲)}$$

$PJ$  = میزان اشتغال نیروی کار موجود

$DJ$  = میزان اشتغال نیروی کار پیش‌بینی شده در طراحی

$$IR = \frac{API}{ARI} \quad \text{Wage Ratio (IR) نسبت ایجاد دستمزد (و-۳)}$$

$API$  = متوسط درآمد سالیانه روستایی در محدوده پروژه

$ARI$  = متوسط درآمد سالیانه روستایی در سطح کشور

#### ۴- ضرایب وزنی شاخص‌ها

در روش کمی کردن نتایج ارزیابی انتخاب شده در مدل در دست مطالعه، با توجه به اهمیت هر درجه و همچنین اهمیت هر شاخص در یک درجه، ضرایب وزنی در نظر گرفته شده است. این ضرایب برای درجه‌ها با علامت  $C_i$  و برای شاخص‌ها  $C_{ij}$  در نظر گرفته شده است. حدود تغییرات  $C_{ij}$ ها به شرح زیر است.

علامت A	۵-۶
علامت B	۴-۵
علامت C	۳-۴
علامت D	۲-۳

این مقادیر در مدل بصورت *Default* قرار داده شده است تا در صورتی که کاربر خود اوزان را به مدل ندهد، مدل خود از مقادیر فوق استفاده نماید. مدل در آنصورت متوسط محدوده‌های تعیین شده را بکار خواهد برد.

ضمناً توصیه محققین این مدل به کاربران، استفاده از محدوده‌های تعیین شده در فوق است. ضرایب وزنی مورد توجه گروه برای درجه‌های مختلف وقتی ارزیابی کلی صورت می‌گیرد در

صورتی که کاربر خود ضرایب مناسبی را در نظر نداشته باشد بشرح زیر است:

۱	پنجره مدیریت
۰/۷۵	پنجره اقتصادی و مالی
۰/۵۰	پنجره فنی
۰/۵۰	پنجره اجتماعی و سیاسی
۰/۵۰	پنجره زیست محیطی

لازم به ذکر است که ضرایب فوق به منظور انجام یک ارزیابی کلی است و چنانچه دیدگاه ارزیاب خاص باشد اوزان متفاوت خواهند بود.

## ۵- روش ارزیابی

همانطور که در سخنرانی‌های سایر همکاران توضیح داده شده است روشهای متعدد و متنوعی برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی پیشنهاد گردیده است. روش پیشنهادی این گروه برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کشور به شکل زیر می‌باشد.

$$Y = \sum_{i=1}^N C_i \sum_{j=1}^M C_{ij} I_{ij} \quad \text{فرمول کلی:}$$

که در آن  $C_i$  = ضرایب وزنی پنجره‌ها

$i$  = شماره پنجره

$j$  = شماره شاخص در پنجره  $i$ ام

$C_{ij}$  = ضریب وزنی شاخص  $j$ ام در پنجره  $i$ ام

$I_{ij}$  = شاخص  $j$ ام در پنجره  $i$ ام

چنانچه به شاخص‌ها حداکثر مقادیر خود را بدهیم عملکرد صد در صد مطلوب بدست خواهد آمد و عملکرد پروژه مورد نظر نسبت رقم حاصل از رابطه فوق به عملکرد صد در صد مطلوب خواهد بود.

برای آن عده از شاخص‌ها که جواب بلی یا خیر دارند به ترتیب اعداد ۱ و صفر منظور می‌گردد.