

ارزیابی هزینه پروژه‌های سد و نیروگاه‌های آبی از پتانسیل‌یابی تا بهره‌برداری

سید علی شاه‌رخی*

چکیده

برآورد هزینه پروژه‌ها، مدیریت و کنترل آن یکی از ارکان اصلی مدیریت ساخت به حساب می‌آید. این امر در پروژه‌های بزرگ ملی برق‌آبی نیز اهمیت بالایی دارد. در این تحقیق به بررسی روش‌های برآورد هزینه برای پروژه‌های بزرگ برق‌آبی از جمله سدهای بزرگ پرداخته شده و برآورد هزینه در پارامترهای مطالعات، پیمانی، ماشین‌آلات و تجهیزات، خسارت مخزن، حقوق دستمزد، و هزینه کلی سد برای برخی از سدهای مهم و خاتمه یافته کشور شامل سدهای سیمره، گتوند، کارون ۳ و کارون ۴ در دو بخش هزینه‌های مصوب و پرداختی بعنوان داده‌های ورودی روش گوردون استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد مدت زمان ساخت و هزینه تمام شده این پروژه‌ها وابستگی شدیدی با پارامترهای محیطی و زمانی داشته همچنین مقادیر محاسبه شده برای رابط بین ارتفاع بدنه سدها و توان نیروگاه در روش گوردون جهت برآورد قیمت طرح‌های برق‌آبی مشابه، محاسبه و ارائه شده است بعلاوه مشخص شد که در کدام یک از پارامترهای زیر مجموعه طرح‌های برق‌آبی بیشترین مقادیر هزینه مورد نیاز است.

واژه‌های کلیدی:

ارزیابی هزینه، نیروگاه‌های آبی، روش گوردون، برآورد اقتصادی

* دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، رشته مدیریت منابع آب a.shahrokhi@iwpc.com

مقدمه

یکی از محورهای مهم امکان‌سنجی پروژه، ارزیابی هزینه آن است. هر پروژه صرف‌نظر از نوع و اندازه باید صرفه اقتصادی داشته باشد. مدیریت و کنترل هزینه پروژه‌ها رکنی اساسی به حساب می‌آید و درعین حال در بسیاری از پروژه‌ها در سراسر جهان سرریز شدن هزینه‌ها از بودجه پیش‌بینی‌شده به دلایل بکارگیری روش‌های نامناسب در شناخت، مدیریت، دامنه پروژه، نیازهای مشتری و پیش‌بینی هزینه امری عادی شده است (گوردون^۱ ۱۹۸۳) در بعضی از پروژه‌های بزرگ هزینه انجام‌شده صدها میلیون و گاهی میلیاردها دلار از بودجه پیش‌بینی‌شده فراتر رفته است (P. Smith, 2014). وجاهت اقتصاد یک پروژه حصول اطمینان از سودمندی سرمایه‌گذاری آن بوده و موجبات پایداری و ماندگاری آن را فراهم می‌سازد. نحوه مواجهه در ارزیابی هزینه پروژه‌های بخش خصوصی و دولتی قدری با یکدیگر متفاوت است. در پروژه‌های بخش خصوصی پیشینه‌سازی منافع از موضع سرمایه‌گذار ارزیابی می‌شود. در صورتی که در پروژه‌های دولتی از آن جهت که منظور از سرمایه‌گذاری رفاه حال عامه مردم است سود و زیان‌های عمومی یک سرمایه‌گذاری مورد توجه قرار می‌گیرد و لذا از طریق مقایسه مجموعه سودها و زیان‌ها تحلیل و ارزیابی اقتصادی پروژه صورت می‌پذیرد (Gordon, 1983) از این رو طبق بررسی‌های برخی ارگان‌ها و سازمان‌های مختلف مالی و اقتصادی دولتی و غیردولتی و مقالات ارائه‌شده، هزینه پیش‌بینی‌شده پروژه‌های برق آبی اختلاف فاحشی با هزینه‌های واقعی این طرح‌ها دارد و در برخی موارد هزینه‌های پیش‌بینی‌شده در فاز مطالعات تا دو برابر و در فاز اجرا چند برابر هزینه پیش‌بینی‌شده اولیه می‌شود (کین و فانگ^۲ 2011). باید توجه داشت که برآورد هزینه پروژه‌های عمرانی حین تکامل پروژه از مرحله

تحقیق (قبل از پتانسیل‌یابی) تا اتمام ساخت در مقاطع و مراحل مختلفی می‌باید برآورد و محاسبه شود. هدف از انجام این تحقیق بررسی میزان تخمین و برآورد هزینه پروژه‌های سد و نیروگاه‌های آبی است. در این تحقیق روش‌های برآورد هزینه در هر فاز و مقایسه پارامترها با یکدیگر صورت خواهد گرفت و در خاتمه روشی مناسب برای برآورد این هزینه‌ها در پروژه‌های سد و نیروگاه‌های آبی ارائه خواهد شد.

در وکر^۳ و همکاران، روشی جدید را پیشنهاد دادند که در آن از تحلیل‌های آماری در محاسبه EAC ^۴ شاخص محور، استفاده شد. در این روش، از داده‌های طرح‌های به اتمام رسیده استفاده شده بود. مطابق با تحقیق هیلسون^۵ در سال ۲۰۰۴، محاسبه EAC با استفاده از شاخص‌های عملکردی، اثرات ریسک‌های آینده را به‌طور صریح در مدل به حساب نمی‌آورد؛ بنابراین، وی به رویکرد ادغام مدیریت ریسک و EVM ^۶ روی آورد. هیلسون در مقاله خود، تخصیص هزینه احتمالی جهت تعدیل ریسک را پیشنهاد کرده است که می‌توان از آن به‌عنوان یک متدولوژی ارزیابی ریسک پروژه نام برد. در این تحقیق از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو، به‌منظور تصحیح ریسک و تجدیدنظر بودجه و تعیین نمودار S ریسک محور و ترسیم خطوط هزینه‌های انتظاری تا تکمیل پروژه، استفاده شده است. وارگاس^۷ در سال ۲۰۰۴ نیز از شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای شاخص‌های احتمالی استفاده کرد. برخلاف روش‌های سنتی محاسبه EAC که برآوردهایی قطعی ارائه می‌دهند، در این رویکرد، وی نگاهی احتمالی به هزینه نهایی پروژه دارد. به‌طور خاص، شبیه‌سازی سه شاخص اصلی را تعریف می‌کند که این سه شاخص عبارتند از شاخص هزینه‌ای که معمولاً مقدار ۱ (با فرض

1 DRUKER

4. ESTIMATED AT COMPLITION

3 HILLSON

6. EARN VALUE METHOD

5 VARGAS

1 Gordon

2 Qin & Fang

حداقل رسانیدن این اختلاف در فازهای مختلف پروژه است، که در بخش ۲ بیان شده است.

متدولوژی تحقیق

در این تحقیق از برآورد به روش تخمینی گوردون استفاده شده است (در بخش ۲-۱) با این استدلال که این روش در مراحل اولیه پروژه به راحتی قابل استفاده بوده و در مقایسه با روشهای معرفی شده و قبلی سریعتر و آسان تر، مقادیر برآورد شده را ارائه می دهد، بعلاوه اینکه با ارائه بازه ای از مقادیر هزینه ، پیش بینی های مناسب تری ارائه می نماید برای این کار اطلاعات مربوط به هزینه ۴ سد سیمره، گتوند، کارون ۳ و ۴ بدلیل خاتمه یافتن و در دسترس بودن اطلاعات هزینه ای آنها مورد استفاده قرار گرفته است. سال مبنا برای این طرح ها ابتدای سال ۱۳۹۵ در نظر گرفته شده است. در این پژوهش درصد مشارکت هر یک از ۵ گروه اصلی هزینه‌ها شامل ۱- مطالعات، ۲- هزینه پیمانی، ۳- هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات، ۴- هزینه خسارت مخزن، ۵- حقوق دستمزد، نیز نسبت به هزینه کل سد برای هزینه‌های مصوب و پرداختی به دست آمده است. منظور از هزینه های مصوب، مقادیر هزینه ای پیش بینی شده اولیه و منظور از هزینه های پرداختی، مقادیر پرداخت شده در خاتمه طرح می باشد. در این فصل ابتدا داده‌های مورد استفاده بیان شده است؛ سپس سناریوهای مورد استفاده و نتایج آن‌ها برای سدهای مورد تحقیق (سد سیمره، سد گتوند، سدهای کارون ۳ و ۴) آورده شده است و بعد از آن به مقایسه سناریوها پرداخته شده است. بدین منظور درصد سهم هر فعالیت، نسبت هزینه پیش‌بینی شده به تحقق یافته و ضریب k که رابط بین ارتفاع سد و ظرفیت نیروگاه در روش گوردون می باشد برای سدهای مورد بررسی حساب شده‌اند.

تامین کل هزینه) در نظر گرفته می‌شود، شاخص CPI و شاخص ضریب بحرانی که از توزیع مثلثی هزینه برآورد کار (خوش‌بینانه، محتمل، بدبینانه) به دست می‌آید، است (Vargas, 2004). از سوی دیگر تحقیقات انجام شده توسط باریک^۱ نشان می‌دهد نزدیک به یک‌سوم از مشتریان از بالا رفتن هزینه‌ها از میزان پیش‌بینی شده ناراضی بوده‌اند. تحقیقات جکسون^۲ نشان می‌دهد ۵۵ درصد از پروژه‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست و حمل و نقل در کشور انگلستان با افزایش هزینه‌ها از میزان پیش‌بینی شده مواجه هستند .

پیش‌بینی هزینه‌های پروژه‌های نیروگاه‌های آبی با توجه به اینکه هزینه های بالایی در کشور دارند از اهمیت خاصی برخوردارند و برآورد صحیح و نزدیک به واقعیت این پروژه‌ها در نهایت موجب تأمین مالی به‌موقع و کارآمد در این طرح‌ها شده، در نتیجه پروژه نیروگاه آبی به‌موقع و بدون اتلاف هزینه‌های اضافی در کشور انجام خواهد شد. حال اگر بررسی این هزینه‌ها در فازهای مختلف این طرح‌ها تحقیق شده و از روش‌ها و نتیجه‌های مناسب استفاده شود، اتلاف زمان و هزینه طرح‌ها به حداقل رسیده و باعث کاهش مناسب بودجه عمرانی کشور و عدم اعمال هزینه‌های نامتعارف به بیت‌المال و خزانه کشور خواهد بود. پیش‌بینی هزینه پروژه‌های برق آبی به دلیل انجام مطالعات میدانی در مراحل مختلف مطالعه پس از فاز پتانسیل‌یابی و تغییرات طراحی و همچنین مسائل غیرقابل پیش‌بینی اجرایی معمولاً به‌صورت صد درصد دقیق امکان‌پذیر نیست ولی با روش‌های پیشنهادی و محاسبه سنجه‌های مناسب قابلیت کاهش اختلاف بین هزینه‌های پیش‌بینی شده و واقعی وجود دارد و هدف این تحقیق نیز ارائه روشی جهت برآورد و تخمین هزینه های پروژه در جهت کاهش و به

1 BARRICK

2 JACKSON

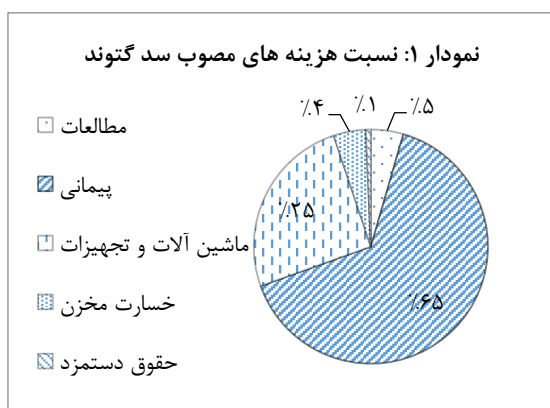
و γ نیز به ترتیب برابر 0.3 و 0.82 به دست آمده‌اند
 (Gordon, 1983):

$$C = k \left(\frac{MW}{H^{0.3}} \right)^{0.82} \quad (1)$$

در رابطه بالا C هزینه بر اساس سال مبنا، MW ظرفیت کل نیروگاه بر اساس مگاوات، H ارتفاع از پی سد است؛ و k ضریبی مبتنی بر قضاوت مهندسی است و برای هر پروژه تغییر می‌کند. برای به دست آوردن این فرمول از پروژه‌هایی در سرتاسر جهان از قبیل کشورهای آمریکا، کانادا، چین، ترکیه، پرو، آرژانتین، نپال، مالزی، هند، استرالیا، نروژ و... استفاده شده و مبنای آن بر اساس قیمت دلار آمریکا در سال ۱۹۸۲ بوده است.

داده‌های ورودی

برای برآورد هزینه به روش گردون ورودی‌های مختلفی لازم است در اینجا از اطلاعات شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران بعنوان کارفرمای طرح های برق آبی بهره گیری شده است بدین منظور در نمودارهای ۱ تا ۴ هزینه‌های مصوب مربوط به هر طرح در بخش های مختلف به صورت نسبتی از کل هزینه (درصدی از کل) محاسبه و در نمودارهای ۵ تا ۸، همان موارد فوق بر مبنای هزینه های پرداختی محاسبه و ارائه شده است.



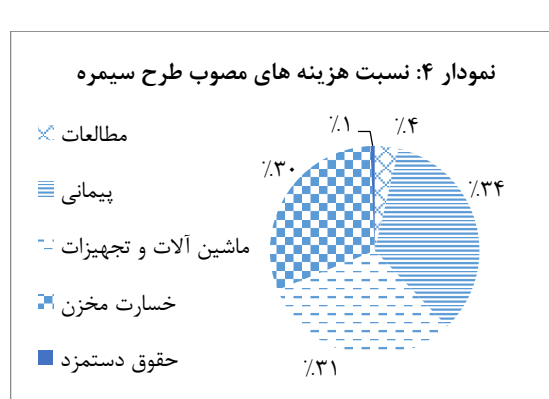
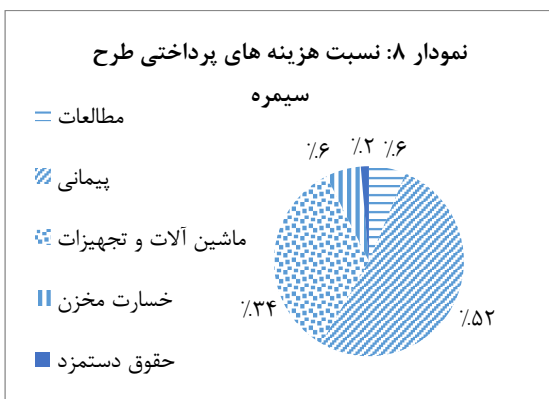
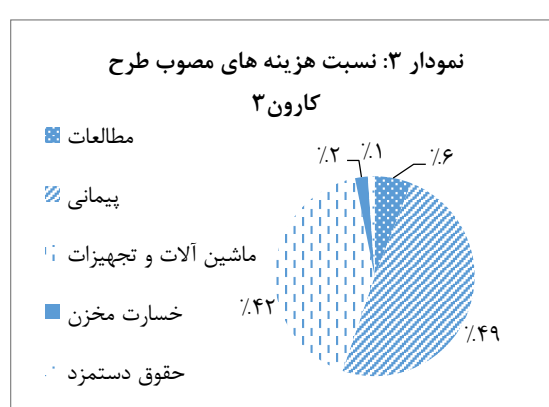
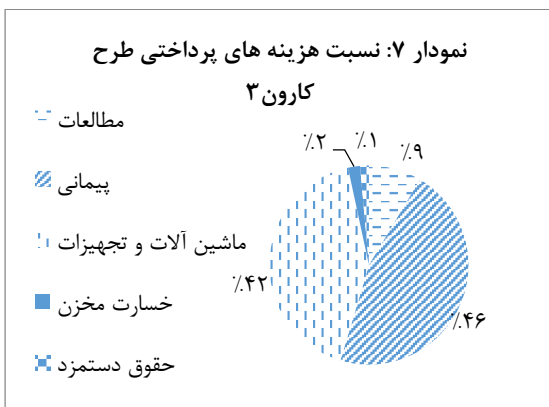
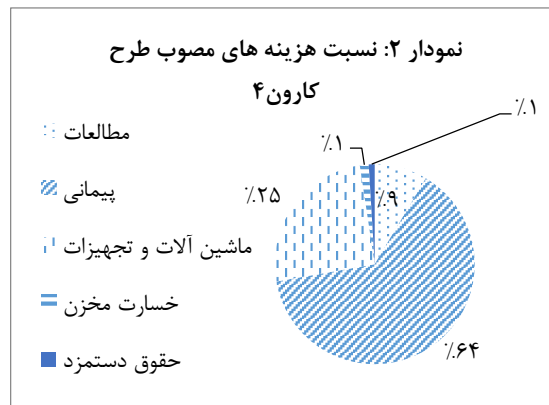
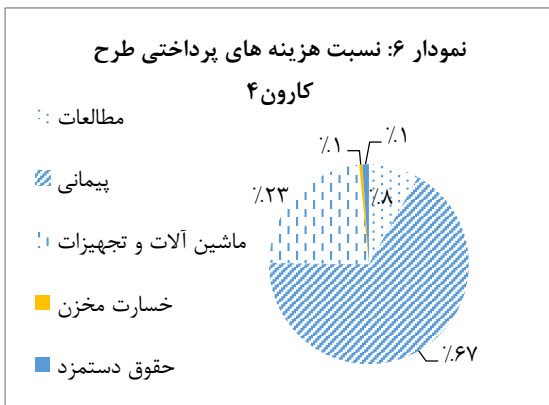
جدول (۱): مشخصات سدها

نام سد	ارتفاع سد (متر)	ظرفیت نصب مگاوات	نوع سد	سال خاتمه
سیمره	۱۸۰	۴۸۰	بتنی دو قوسی	۹۴
کارون ۳	۲۰۵	۲۰۰۰	بتنی دو قوسی	۸۴
کارون ۴	۲۳۰	۱۰۰۰	بتنی دو قوسی	۸۸
گتوند	۱۷۸	۱۰۰۰	خاکی	۹۰

برآورد هزینه به روش گوردون^۱

یک روش برای برآورد هزینه پروژه نیروگاه آبی، مقایسه آن پروژه با پروژه‌ای است که هزینه آن مشخص است (قبلاً اجرا شده و خاتمه یافته) و بر اساس هزینه هر کیلووات از نیروگاه آن پروژه به همراه قضاوت مهندسی، می‌توان هزینه پروژه جدید را با دقت پایین تخمین زد (قیمت پروژه به ازای کیلووات نیروگاه). اگرچه این روش منطقی است اما گویای تغییرات هد و ظرفیت نیست. بنابراین روش زیر توسعه داده شده است تا این دو پارامتر اصلی را نیز در نظر بگیرد. واضح است با افزایش ظرفیت میزان هزینه پروژه نسبت به هر واحد ظرفیت کم می‌شود و هزینه نیروگاه با ظرفیت ثابت با افزایش هد کاهش می‌یابد. از این رو می‌توان انتظار داشت هزینه کل پروژه شامل هزینه‌های تمام بخش‌های پروژه به جز انتقال‌ها از تابع $\gamma (MW/H^x)$ به دست آید. در این تابع MW ظرفیت کل نیروگاه، H ارتفاع بدنه سد؛ و x و γ توان‌هایی نامشخص هستند. البته پارامترهای دیگری از جمله: طرح پروژه، مکان پروژه، ظرفیت سرریز، شرایط پی و... بر هزینه پروژه تأثیرگذار است. هرچند اگر این پارامترها را برای کار اصلی نادیده بگیریم؛ تخمینی برای مقادیر x و γ بر اساس داده‌های تاریخی به دست می‌آید.

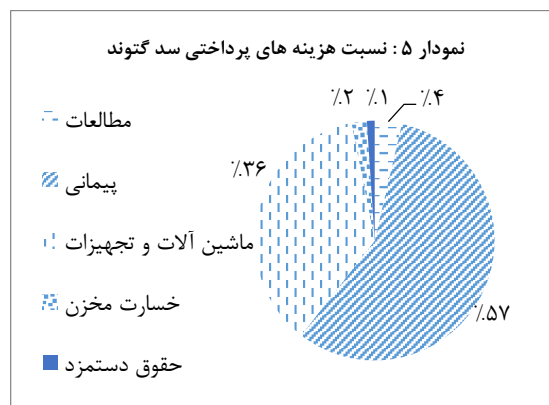
بر این اساس گردون یک روش ساده را برای برآورد هزینه پروژه‌های برق آبی بر اساس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های هزینه به دست آمده از بیش از ۱۷۰ پروژه برق آبی توسعه داده است؛ همچنین توان‌های نامشخص x



نمودارهای ۱ تا ۸ مقادیر مصوب و پرداختی را در سال اتمام طرح، به صورت درصدی نشان می‌دهند.

مقایسه نمودارها (داده‌های ورودی)

با مقایسه نمودارها ۱ تا ۸ مشاهده می‌گردد که هزینه‌های مصوب سد سمیره بیشتر از هزینه‌های پرداختی است و بیشترین هزینه‌های ورودی به بخش‌های پیمانی و ماشین‌آلات و تجهیزات و خسارت مخزن است. در سد گتوند، بیشترین هزینه‌های ورودی مربوط به



و حقوق و دستمزد با نرخ های رشد متناظر هر سناریو به سال مبنا (۱۳۹۵) منتقل و محاسبه شده است. سپس با جمع ۵ زیرگروه هزینه کلی طرح به صورت نسبی از کل (درصدی) به دست آمده و مقدار ضریب K برای هزینه کلی طرح، بر مبنای نرخ های رشد محاسبه و ارائه شده است.

سناریو اول

جدول (۲): مقادیر K مصوب و پرداختی متناظر با نرخ رشد ۸ درصد

نام پروژه	K مصوب	K پرداختی
سیمره	۸۲۲۳۰۰	۳۹۵۹۰۳
کارون ۳	۵۹۹۶۵۵	۳۷۷۲۴۳
کارون ۴	۱۰۶۷۶۷۸	۸۵۸۱۶۶
گتوند	۱۸۳۵۵۹۱	۱۵۷۶۰۶۰

سناریو دوم

جدول (۳): مقادیر K مصوب و پرداختی متناظر با نرخ رشد ۱۰ درصد

نام پروژه	K مصوب	K پرداختی
سیمره	۸۲۲۳۰۰	۳۹۵۹۰۳
کارون ۳	۶۵۹۷۱۱	۴۱۵۰۲۵
کارون ۴	۱۱۲۲۹۳۷	۹۰۲۵۸۱
گتوند	۱۸۹۰۵۳۸	۱۶۲۳۲۳۸

سناریو سوم

جدول (۴): مقادیر K مصوب و پرداختی متناظر با نرخ رشد ۱۳ درصد

نام پروژه	K مصوب	K پرداختی
سیمره	۸۲۲۳۰۰	۳۹۵۹۰۳
کارون ۳	۷۲۶۴۱۰	۴۷۹۶۶۷
کارون ۴	۱۲۱۱۲۹۵	۹۷۳۶۰۰
گتوند	۱۹۷۵۵۹۳	۱۶۹۶۲۶۷

بخش پیمانی است. در سد کارون ۳ بیشترین هزینه ورودی مربوط به بخش های پیمانی و ماشین آلات است. در سد کارون ۴ با توجه به جداول، بیشترین هزینه ورودی مرتبط با هزینه بخش های پیمانی^۱ و ماشین آلات و تجهیزات است. دیگر ورودی های مورد استفاده مشخصات سد و نیروگاه (ارتفاع و ظرفیت کلی نیروگاه) است که مقادیر آن در جدول (۱) برای تخمین هزینه سد به روش گوردون ارائه شده است. بیشترین ارتفاع سد مربوط به سد کارون ۴ و بیشترین ظرفیت نیروگاه، کارون ۳ است و همچنین کمترین ارتفاع سد، سد گتوند و کمترین ظرفیت نیروگاه به سد سیمره تعلق دارد.

سناریوها و محاسبه K

پس از بدست آوردن هزینه های مصوب و پرداختی سدهای مورد بررسی نمودارهای ۱ تا ۸ نوبت به همسان سازی و یکپارچه سازی مقادیر می رسد به بیان دیگر چون این سدها در سال های متفاوتی خاتمه یافته اند می بایست همه آنها را به یک سال مبنا انتقال داده و با نرخ های رشد مختلف مقایسه و یکپارچه نمود. به طور کلی برای محاسبه ارزش آینده یا اصل و فرع « F » برای مبلغ « P » در مدت n دوره «سال» با نرخ بهره « i » رابطه زیر بین P و F برقرار است:

$$F = P(1 + i)^n \quad (۲)$$

در این تحقیق با شش سناریو به ترتیب شامل نرخ های رشد سالانه ۸ و ۱۰ و ۱۳ و ۱۵ و ۱۷ و ۲۰ درصد که با توجه به تورم کشور در سال های مختلف در نظر گرفته شده کلیه مقادیر سدهای مورد نظر را به ابتدای سال ۹۵ به عنوان سال مبنا انتقال داده ایم (رابطه ۲) و سپس به مقایسه مقادیر و محاسبه رابط بین ارتفاع بدنه و ظرفیت نیروگاه یا همان ضریب K در رابطه گوردون (۱) نموده- ایم. به بیان دیگر در هر سناریو هزینه در سال های مختلف در دو بخش مصوب و پرداختی تا سال اتمام طرح در ۵ زیرگروه مطالعات، پیمانی، تجهیزات، خسارت مخزن

۱. کلیه هزینه های پیمانکاری بخش سیویل و ساختمان نیروگاه

سناریو چهارم

جدول (۵): مقادیر K مصوب و پرداختی متناظر با نرخ رشد

۱۵ درصد

نام پروژه	K مصوب	K پرداختی
سیمره	۸۲۲۳۰۰	۳۹۵۹۰۳
کارون ۳	۸۴۰۴۴۹	۵۲۸۷۲۷
کارون ۴	۱۲۷۴۰۲۸	۱۰۲۴۰۲۳
گتوند	۲۰۳۴۰۸۰	۱۷۴۶۴۸۵

سناریو پنجم

جدول (۶): مقادیر K مصوب و پرداختی متناظر با نرخ رشد ۱۷

درصد

نام پروژه	K مصوب	K پرداختی
سیمره	۸۲۲۳۰۰	۳۹۵۹۰۳
کارون ۳	۹۲۶۹۳۷	۵۸۳۱۳۶
کارون ۴	۱۳۳۹۹۷۴	۱۰۷۷۰۲۸
گتوند	۲۰۹۴۰۱۸	۱۷۹۷۹۴۸

سناریو ششم

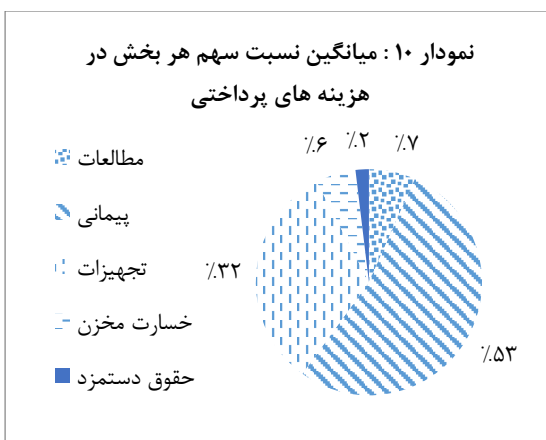
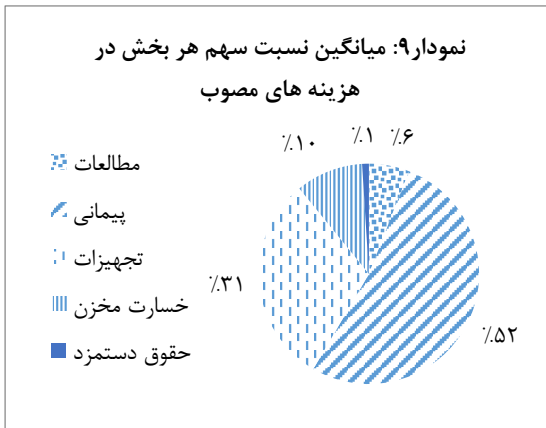
جدول (۷): مقادیر K مصوب و پرداختی متناظر با نرخ رشد ۲۰

درصد

نام پروژه	K مصوب	K پرداختی
سیمره	۸۲۲۳۰۰	۳۹۵۹۰۳
کارون ۳	۱۰۷۴۵۳۰	۶۷۵۹۸۷
کارون ۴	۱۴۴۵۲۱۰	۱۱۶۱۶۱۴
گتوند	۲۱۸۶۶۸۶	۱۸۷۷۵۱۴

درصد سهم هر فعالیت

با توجه به نرخ‌های رشد انجام شده به سال مبنا در هر پروژه برق آبی، می‌توان به‌طور متوسط درصد سهم هر فعالیت را در پروژه‌های برق آبی دیگر به دست آورد که در این قسمت از هزینه نرخ‌های رشد در دو قسمت مصوب و پرداختی، در چهار سد موردنظر، متوسط سهم زیر گروه (هر بخش) در هر قسمت در نمودار ۹ مصوب و نمودار ۱۰ پرداختی، محاسبه شده است. بدین منظور از ۴ طرح ذکر شده در بند ۲ هزینه‌های مصوب و پرداختی هر یک از بخش‌های مطالعه پیمانی، تجهیزات، خسارت مخزن و حقوق دستمزد محاسبه و به صورت نسبتی از کل استخراج گردیده؛ سپس میانگین این نسبت‌ها برای ۴ طرح در دو بخش مصوب و پرداختی در نمودارهای ۹ و ۱۰ ارائه شده است.



نسبت هزینه پیش‌بینی شده به تحقق یافته

در سدهای موردنظر هزینه پیش‌بینی و تعداد سال اتمام پیش‌بینی سد با هزینه واقعی پرداختی به همراه تعداد سال واقعی اتمام سدسازی، با در نظر گرفتن نرخ رشد در ۶ سناریو (۸، ۱۰، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۲۰ درصد) بصورت درصدی، در جدول (۸) محاسبه شده است. این بدان معناست که در جدول ۸ هر جا که درصد اختلاف نزدیکتر به عدد صفر شده پیش‌بینی انجام شده دقیقتر بوده و تقریباً معادل نرخ رشد یا همان تورم سالانه برای آن پروژه می‌باشد؛ بعنوان مثال برای طرح کارون ۳ با نرخ رشد ۱۵ درصد عدد ۲ به صفر نزدیکتر بوده و بیانگر آن است که در این پروژه نرخ تورم در سال اتمام ۱۵٪ می‌باشد و یا برای طرح کارون ۴ با نرخ رشد ۱۳٪ عدد ۱- به صفر نزدیک تر بوده و بیانگر آن است که در این طرح نرخ تورم در سال اتمام ۱۳٪ می‌باشد یا این طرح با نرخ رشد و تورم ۱۳٪ خاتمه یافته است برای دو طرح

جدول (۹): مقادیر K در مصوب و پرداختی

پرداختی	مصوب	K هزینه کلی سد
1.8×10^6	2×10^6	K_{max}
4×10^5	6×10^5	K_{min}
9×10^5	1.2×10^6	K_{ave}

نتیجه گیری

چهار سد سیمره، گتوند، کارون ۳ و کارون ۴ با ۶ نرخ رشد ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ درصد (سال مبنا ابتدای سال ۱۳۹۵) در دو قسمت هزینه‌های مصوب و پرداختی به روش تخمینی گوردون مورد ارزیابی قرار گرفتند، نتایج به دست آمده در دو قسمت مصوب و پرداختی می تواند به این ترتیب بیان شود که، بیشترین هزینه ورودی در دو قسمت نامبرده به پارامترهای پیمانی و ماشین آلات و تجهیزات تعلق دارد. از سوی دیگر روند هزینه‌های مصوب، سال به سال انجام شده است ولی روند هزینه‌های پرداختی در مواقعی متوقف شده است؛ که مهم ترین عامل آن کمبود بودجه در صنعت آب و برق در نتیجه طولانی شدن زمان ساخت سد و افزایش هزینه تمام شده‌ی سد بوده است. سد سیمره در پارامتر خسارت مخزن هزینه بیشتری را نسبت به سه سد دیگر متحمل شده است که با توجه به اتمام سال سدسازی می توان افزایش تورم در بخش خسارت مخزن را عامل مهمی در افزایش هزینه این پارامتر دانست. سدهای کارون ۳ و کارون ۴ دارای بیشترین هزینه در بخش های پیمانی و ماشین آلات و تجهیزات است و نیز بیشترین هزینه در بخش پیمانی برای سد گتوند است. از بررسی صورت گرفته در سناریوهای نرخ رشد (در سال مبنا) می توان به این نتیجه رسید که سد گتوند دارای بیشترین هزینه بوده است و سد سیمره دارای کمترین هزینه بوده است. در بررسی سهم فعالیت هر بخش در هزینه‌های مصوب و پرداختی، بیشترین سهم هزینه در ساخت سدهای بزرگ برق آبی به فعالیت پیمانی (متوسط ۶۰ درصد) و کمترین هزینه در ساخت سدهای بزرگ برق آبی به حقوق و دستمزد

سیمره و گتوند نیز به ترتیب اعداد ۱۷٪ و بالای ۲۰٪ از جدول ۸ استخراج می گردد.

جدول (۸): درصد اختلاف هزینه پیش بینی شده با هزینه پرداختی اتمام سد

نرخهای رشد	درصد اختلاف هزینه			گتوند
	سیمره	کارون ۳	کارون ۴	
هزینه پیش بینی شده				
پیش بینی هزینه با نرخ رشد ۸٪	۳۴	۱۲	۱۶	۴۷
پیش بینی هزینه با نرخ رشد ۱۰٪	۲۷	۹	۱۰	۴۲
پیش بینی هزینه با نرخ رشد ۱۳٪	۱۵	۵	-۱	۳۴
پیش بینی هزینه با نرخ رشد ۱۵٪	۷	۲	-۹	۲۹
پیش بینی هزینه با نرخ رشد ۱۷٪	-۳	-۱	-۱۷	۲۲
پیش بینی هزینه با نرخ رشد ۲۰٪	-۱۹	-۵	-۳۰	۱۱

برآورد مقادیر k (رابطه بین ارتفاع-ظرفیت نیروگاه با هزینه)

حال در این قسمت به مقایسه k های به دست آمده در هر ۶ سناریو بر اساس نوع هزینه می پردازیم و نمودارهای لگاریتمی بر اساس مصوب و پرداختی (هزینه کلی سد) در دو قسمت بررسی شد. نمایش آن ها در نمودار لگاریتمی به صورتی که محور افقی شان بر اساس میلیون ریال و محور عمودی اش بر اساس نسبت ظرفیت نیروگاه به توان $0/3$ ارتفاع از پی سد است و در نهایت از این دو نمودار مقادیر k بیشینه، کمینه و متوسط و در دو قسمت مصوب و پرداختی به دست آمده؛ که در جدول (۹) محاسبه شده است.

۵- پیش‌بینی و تخمین هزینه در پروژه‌های برق‌آبی توسط رابط بین ارتفاع بدنه سد و توان نیروگاه (K) بوده و بهتر است از آن بصورت یک بازه بیشینه متوسط و کمینه استفاده گردد؛ همچنین استفاده از K محاسبه شده در بخش پرداختی بدلیل پرداخت نشدن هزینه های مصوب توصیه می گردد. برای به دست آوردن هزینه سدهای در حال احداث از K های به‌دست‌آمده در قسمت پرداختی استفاده شود.

مراجع

1. Banick, A. (1995). Poll reveals one in three jobs late: Building.
2. Druker, E., Demangos, D., & Coleman, R. (2009). Performing Statistical Analysis on Earned Value Data. Paper presented at the Proc. of SCEA/ISPA Conference and Training Workshop.
3. Gordon, J. (1983). Hydropower cost estimates. *International water power & dam construction*, 35(11), 30-37.
4. Hillson, D. (2004). Earned value management and risk management: a practical synergy. Paper presented at the PMI 2004 Global Congress Proceedings.
5. Jackson, S. (2002). Project cost overruns and risk management. Paper presented at the Proceedings of Association of Researchers in Construction Management 18th Annual ARCOM Conference, Newcastle, Northumber University, UK.
6. Qin, X., & Fang, M. (2011). Summarization of Software Cost Estimation. *Procedia Engineering*, 15, 3027-3031.
7. Smith, P. (2014). Project Cost Management-Global Issues and Challenges. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, 485-494.
8. Vargas, R. V. (2004). Earned value probabilistic forecasting using Monte Carlo simulation. *AACE International Transactions*, CS161.
9. (Energy Policy, March 2014, pp.1-14) Should we build more large dams? The actual costs of hydropower mega project development

کارکنان طرح (متوسط ۱ درصد) تعلق دارد. می‌توان نتیجه گرفت که نرخ رشد در سدهای بزرگ برق‌آبی ایران بین ۱۵ الی ۲۰ درصد می‌باشد که بعضا می‌تواند به بالای ۲۰ درصد هم برسد. برای پیش‌بینی و تخمین هزینه در پروژه‌های برق‌آبی بزرگ در دو قسمت پرداختی و مصوب محاسبه و قابل‌استفاده است. قابل ذکر است که نتایج بدست آمده حاکی از پیش‌بینی هزینه در بازه بیشینه، کمینه و متوسط قرار می‌گیرد.

قابل ذکر است هرچقدر سدهای بیشتری در روش تخمینی استفاده شود ضریب K به‌دست‌آمده از رابطه گوردون دقت بیشتری خواهد داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در به دست آوردن K در سه مقدار بیشینه، کمینه و متوسط پیشنهاد می‌شود برای دیگر انواع سدهای برق‌آبی از جمله تلمبه ذخیره‌ای و جریانی و کوچک و متوسط مورد استفاده قرار گیرد و در مقادیر به‌دست‌آمده صحت سنجی بهتری صورت پذیرد همچنین، برای به دست آوردن هزینه سدها در حال احداث از K های به‌دست‌آمده در قسمت پرداختی استفاده شود.

بطور خلاصه:

- ۱- بیشترین هزینه ورودی در دو قسمت مصوب و پرداختی مربوط به بخش های پیمانی و ماشین‌آلات و تجهیزات می باشد.
- ۲- روند هزینه‌های مصوب سال‌به‌سال می باشد ولی هزینه‌های پرداختی توقف داشته و بموقع پرداخت نمی شوند.
- ۳- سد سیمره تورم در بخش خسارت مخزن دارد - سد کارون ۳ و کارون ۴ بیشترین هزینه در بخش پیمانی و ماشین‌آلات سد گتوند در زمینه پیمانی بیشترین هزینه ها را دارند.
- ۴- نرخ رشد در سدهای بزرگ برق‌آبی ایران ۱۵ الی ۲۰ درصد و بعضا فراتر از ۲۰ درصد است.