Vol. 11, No. 43, Autumn (2022)

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)

Applied Economics Studies, Iran (AESI)
P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X
Journal Homepage: https://aes.basu.ac.ir/
Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.
Publisher: Bu-Ali Sina University. *All rights reserved.*
Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the ***Creative Commons****.*

Bu-Ali Sin University

Providing a Framework for Allocating Public R&D Budget to the Universities Using Robust Optimization

Alizadeh, P.[1], & Gholipour, M.[2]

Type of Article: Research
https://dx.doi.org/10.22084/AES.2022.25447.3383
Received: 2021.12.25; Accepted: 2022.03.14
Pp: 99-135

Abstract

Government-funded universities play a central role in national research and development (R&D). However, due to the government's budget constraints, the optimal allocation of public resources has become very important. In this study, a decision support framework was developed for the optimal and robust allocation of the R&D budget to maximize the direct and uncertain outputs of R&D activities in universities. The experiments were designed in two phases. In the first phase, without considering the uncertainty of R&D outputs of universities, the optimal budget allocation was determined according to three scenarios for each university. By changing the model parameters (robustness cost control parameter and output uncertainty control parameter), the optimal budget allocation plan in uncertain and robust conditions was calculated for 12 scenarios. The analysis of data using descriptive statistics methods and the comparison of results showed that in the current situation, there was no clear correlation between R&D outputs and the R&D budget allocated to the universities, and the budget allocation process was very volatile and lacked a clear increasing or decreasing pattern. While the R&D budget that was calculated in a robust optimal way showed a logical and proportional trend to the R&D activities' output. Also, the optimal model distributed the total available budget for the universities in such a way as to achieve the maximum performance in the total budget ceiling. Implementing the model for 5 universities in 6 consecutive years improved the output from a minimum of 2 to a maximum of 6% and saved the allocated budget from 0.1 to 1.1%.

Keywords: Budget allocation, R&D, Robust optimization, Universities, Iran.
JEL Classification: C61, H61, O32.

1. Assistant Professor, STI financing and economics research group, National Research Institute for Science Policy, Tehran, Iran (Corresponding Author).
Email: Alizadeh@nrisp.ac.ir
2. Researcher, STI financing and economics research group, National Research Institute for Science Policy, Tehran, Iran.

Citations: Alizadeh, P. & Gholipour, M., (2022). "Providing a Framework for Allocating Public R&D Budget to the Universities Using Robust Optimization". *Journal of Applied Economics Studies in Iran,* 11(43): 99-135. doi: 10.22084/aes.2022.25447.3383.
Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_4616.html?lang=en

1. Introduction

The government budget allocation for R&D includes all allocated budgets that are provided from the anticipated sources of government income within the annual budget act (such as taxes, oil revenues, etc.). These credits include resources that are identified and then secured through the budget approval process (OECD, 2015).

In Iran, according, about 60% of these resources are provided by the government in the form of government budgets for R&D (Alizadeh et al., 2019) and a smaller part is provided through the revenues of universities, e.g., in exchange for providing research services to private companies and industries (Alizadeh, 2011). It is obvious that the optimal distribution of resources is one of the requirements for achieving the goals of organizations at any level (Jalalabadi et al., 2015). However, with the increase of government investment in public research institutions and budget restrictions (Agasisti et al., 2012), the way of allocation of these resources has attracted more attention and a systematic approach has been adopted. As a result, a strategy for evaluating university performance and budget allocation has become very important (Lee & Yang, 2020; Barrio-García et al., 2019).

The main question of the current research is what is the optimal and stable allocation model of the R&D budget in order to maximize the direct outputs of R&D? And considering the uncertainty in the realization of R&D outputs, how can research credits be allocated in an optimal and stable way?

2. Materials and Methods

Budget allocation has been done with different methods and approaches; among them, the importance of mathematical approaches to budget allocation in cases where the number of decision variables, constraints and objectives increase is undeniable. One of these cases is the allocation of funds to a large number of universities, which results in the non-optimal allocation of available resources if mathematical methods are not used (Azar et al., 2013).

Examining the previous studies shows that, no comprehensive and efficient model for the allocation of government R&D budgets to the universities has been presented. In this regard, the criteria for allocating the budget, especially in Iran's R&D sector, is less based on performance but a function of the average annual budget increase. As a result, there is no previous studies on the optimal allocation of a specific amount of R&D budget between the universities considering the uncertainty in the outputs of R&D activities.

If we assume that there is uncertainty in the expected output of R&D in the studied universities in each year, a robust model should be developed to allocate the R&D budget to the universities in an optimal way taking into account such uncertainty in the outputs.

This model was implemented on a sample consisting of 5 universities with a similar and comparable scale in order to test the applicability and significance of its results. The reason for using optimization was based on the fact that uncertainty in obtaining R&D outputs was one of the main assumptions of the study. The main constraint of the model was the total budget distributed among the sample universities. The protection function of the model, which was added to the objective function for the stability of the optimal solution, was dependent on two parameters: uncertainty control parameter in output and robustness cost control parameter.

3. Data

The experiments were designed in two phases. In the first phase, without taking into account the uncertainty in the R&D outputs, the optimal budget allocation is determined under three alternatives for each university. Assuming that the amount of budget change follows the average changes in the studied period, the percentage of change in the budget will be 0% and ± m%, where m is equal to the average fluctuation of the budget of each university. To carry out this study, we need budget data and R&D activities outputs data (the number of articles, the number of books, the number of registered patents, the number of theses and dissertations), which are respectively extracted from the annual budget acts and the database of the Ministry of Science, Research and Technology. For the constraint of the available budget, the data of the universities' budgets have been used. At the time of conducting this study, these data were available for the years 2013-2018. The model was designed and implemented based on the R&D outputs.

4. Discussion

The analysis of current data show that the total output of the studied universities during the six-year period (2013-2-18) has decreased, while the total R&D budget has increased. Therefore, even in the best case, it cannot be concluded that this increase was an inflationary increase, since considering the increase in the recruitment of faculty members and postgraduate and postdoctoral students, at least the outputs were expected to remain constant. The R&D budget of the universities have also experienced increases or decreases, sometimes severe, in the studied years. Examining the output of universities shows that there is no clear relationship with the growth or decrease of the budget.

But the budget calculated based on the robust optimization method has a logical trend and is proportional to the output of the university. It means going through a logical and interpretable process according to the university's output process.

The budget calculated based on the optimization method has not experienced sudden increases or decreases.

The average values of the robust function for different scenarios of the model parameters are also lower than the previous three cases in terms of absolute value (which is not far from expected considering the cost of model robustness), but its trend is non-decreasing and there is no fluctuation and sharp changes in consecutive years also show the robustness of the answer. This important finding can be interpreted as if the uncertainty of R&D outputs is included in the form of different parameters of the model, while there is no need to increase the total allocated budget, a better performance can be expected over the time.

Similar to previous studies (e.g., Zhang (2019); Azar et al. (2013)), the allocation of budgets in a robust way has led to the simultaneous improvement of the R&D outputs and the reduction of the required budget.

5. Conclusion

Due to the intensification of financial restrictions, the issue of performance-based budgeting has become important in the case of universities. In this study, a robust optimization model with the objective function of maximizing R&D output was designed, for allocation of R&D budgets to the universities for different acceptable values of robustness cost. This study shows that the implementation of the robust optimization model in the same period of time has increased the output from 2 to 6 percent and saved the allocated budget from 0.1 to 1.1 percent. It should be noted that these improved results from the optimization of budget allocation are only for five universities and six consecutive years. Therefore, it can be expected that the implementation of the model on a larger scale and for a larger number of the universities in a longer period will create more savings in the allocated budget and increase the resulting output. The best performance of the quantitative model needs:

- Clarifying R&D budget and separating the non-research activities from the research activities in annual budget act.
- Establishing and continuously updating functional databases of universities.
- Verifying performance indicators in R&D programs included in annual budget acts.
- Establishing accurate recording systems of research activities in the universities.

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
سال یازدهم، شمارهٔ ۴۳، پاییز ۱۴۰۱

فصلنامهٔ علمی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۲۳۲۲-۴۷۲X
وب‌سایت نشریه: https://aes.basu.ac.ir
نشریهٔ گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

ارائه چارچوبی برای تخصیص بودجهٔ عمومی تحقیق‌وتوسعه به دانشگاه‌ها با استفاده از بهینه‌سازی استوار

پریسا علیزاده[۱]، مجتبی قلی‌پور[۲]

نوع مقاله: پژوهشی
شناسهٔ دیجیتال: https://dx.doi.org/10.22084/AES.2022.25447.3383
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳
صص: ۱۳۵-۹۹

چکیده

دانشگاه‌هایی که توسط دولت تأمین مالی می‌شوند نقشی محوری در تحقیق‌وتوسعهٔ ملّی دارند. با توجه به محدودیت‌های بودجه‌ای دولت، تخصیص بهینهٔ منابع عمومی اهمیت زیادی یافته است. در این مطالعه، یک چارچوب پشتیبان تصمیم‌گیری برای تخصیص بهینه و استوار بودجهٔ فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه به‌منظور حداکثرسازی برون‌دادهای مستقیم و غیرقطعی این فعالیت‌ها در دانشگاه‌ها توسعه یافته است. طراحی آزمایش‌ها در دو فاز انجام شد. در فاز اول، بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت برون‌دادهای تحقیق‌وتوسعه دانشگاه‌ها، تخصیص بهینهٔ بودجه با توجه به سه آلترناتیو برای هر دانشگاه تعیین گردید. در فاز دوم، با تغییر پارامترهای مدل (پارامتر کنترل هزینهٔ استواری و پارامتر کنترل عدم قطعیت در برون‌دادها)، طرح بهینهٔ تخصیص بودجه در حالت غیراستوار و استوار محاسبه شد. نتایج تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی نشان‌داد که در وضعیت فعلی، تناسب مشخصی بین برون‌دادها و بودجهٔ تخصیصی به دانشگاه‌ها وجود نداشت و روند تخصیص بودجه، بسیار نوسانی و فاقد الگوی افزایشی مشخص بود. درحالی‌که بودجهٔ محاسبه شده به روش بهینه‌سازی استوار، روندی منطقی و متناسب با برون‌داد دانشگاه نشان‌داد. هم‌چنین، مدل بهینهٔ استوار، کل بودجه در اختیار برای دانشگاه‌ها را به‌نحوی توزیع کرد که درمجموع عملکرد بیشینه در سقف بودجه در اختیار حاصل شود. پیاده‌سازی مدل برای پنج دانشگاه در شش سال متوالی، بهبود برون‌داد از حداقل ۲ تا حداکثر ۶ درصد و صرفه‌جویی در بودجهٔ تخصیص یافته از ۰/۱ تا ۱/۱٪ را نشان می‌دهد.

کلیدواژگان: تخصیص بودجه، تحقیق‌وتوسعه، بهینه‌سازی استوار، دانشگاه‌ها، ایران
طبقه‌بندی JEL: C61, H61, O32.

۱. استادیار، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: Alizadeh@nrisp.ac.ir
۲. پژوهشگر، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران.
Email: m.gholipour@nrisp.ac.ir

ارجاع به مقاله: علیزاده، پریسا؛ و قلی‌پور، مجتبی، (۱۴۰۱). «ارائه چارچوبی برای تخصیص بودجهٔ عمومی تحقیق‌وتوسعه به دانشگاه‌ها با استفاده از بهینه‌سازی استوار». فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۱(۴۳): ۹۹-۱۳۵. doi: 10.22084/aes.2022.25447.3383
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_4616.html?lang=fa

۱. مقدمه

دولت‌ها می‌توانند به روش‌های مختلفی به ارتقای هزینه‌کرد پژوهش در سطح ملی کمک کنند؛ یعنی، ابزارهای سیاستی مختلفی را متناسب با گروه‌های هدف مختلف به‌کار گیرند تا هزینه‌کرد تحقیق‌وتوسعه افزایش یابد (مؤمنی و علیزاده، ۱۳۹۲؛ رهنمای قراملکی و همکاران، ۱۳۹۴؛ علیزاده و منطقی، ۱۳۹۸). این ابزارها ذیل دو دستهٔ اصلی قرار می‌گیرند (ادلر و جورجیو[1]، ۲۰۰۷): حمایت‌های مالی (مستقیم و غیرمستقیم) و حمایت‌های غیرمالی. یکی از سرفصل‌های اصلی در دستهٔ حمایت مالی مستقیم، حمایت از تحقیق‌وتوسعه در بخش دولتی است که برای مثال ازطریق تأمین مالی پژوهش‌های دانشگاهی انجام می‌شود (آگاسیستی و همکاران[2]، ۲۰۱۲). امروزه، در بسیاری از کشورها، مؤسسات پژوهشی که توسط دولت تأمین مالی می‌شوند نقشی محوری در تحقیق‌وتوسعهٔ ملی دارند. در بعضی کشورها، مانند کره جنوبی، نقش این مؤسسات در تحقیق‌وتوسعهٔ ملی از دانشگاه‌ها نیز بیشتر است (لی و لی[3]، ۲۰۱۵).

تخصیص‌های بودجه‌ای دولت برای تحقیق‌وتوسعه[4] یا تأمین مالی تحقیق‌وتوسعه توسط دولت شامل همهٔ اعتبارات هزینه‌ای تخصیص‌یافته‌ای است که از محل منابع پیش‌بینی شده درآمد دولت در چارچوب بودجه (مانند مالیات، درآمدهای نفتی و غیره) تأمین می‌شوند. این منابع صرفاً شامل منابعی است که از طریق فرآیند تصویب بودجهٔ مشخص و سپس تأمین شده باشند (سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه[5]، ۲۰۱۵).

در ایران طبق آخرین برآوردها، حدود ۶۰٪ از این منابع توسط دولت و در قالب بودجه‌های دولتی برای تحقیق‌وتوسعه (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۹) و بخش کمتری از طریق درآمدهای اختصاصی دانشگاه‌ها تأمین می‌شود؛ برای مثال، در ازای ارائه خدمات پژوهشی به بنگاه‌ها و صنایع خصوصی (علیزاده، ۱۳۹۰)[6]. بدیهی است توزیع بهینهٔ منابع یکی از الزامات تحقق اهداف سازمان‌ها در هر سطحی است (جلال‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۴). اما با افزایش سرمایه‌گذاری دولت‌ها در مؤسسات پژوهشی دولتی از یک‌سو، و محدودیت بودجه از سوی دیگر (آگاسیستی و همکاران، ۲۰۱۲)، نحوهٔ تخصیص این دسته از منابع توجه بیشتری را به خود جلب نموده و اتخاذ یک رویکرد نظام‌مند و راهبردی برای ارزیابی عملکرد دانشگاه‌ها و تخصیص بودجه اهمیت زیادی پیدا کرده است (لی و یانگ[7]، ۲۰۲۰؛ باریو–گارسیا و همکاران[8]، ۲۰۱۹). این ارزیابی عملکرد در کشورهایی که دولت نقشی غالب در نظام نوآوری دارد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (لی و لی، ۲۰۱۵). حتی مرور آمارها در تعدادی از کشورهای عضو اتحادیه اروپا مانند: ایسلند، نروژ، سوئیس و کشورهایی ترکیه، روسیه، صربستان، ژاپن، ایالات متحده و کره جنوبی نشان می‌دهد که کیفیت تخصیص بودجهٔ دولتی برای تحقیق‌وتوسعه نیاز به بهبود دارد

1. Edler & Georghiou
2. Agasisti et al.
3. Lee & Lee
4. Government Budget Allocations for R&D (GBARD)
5. OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)
۶. ماهیت فعالیت‌های انجام شده در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و پژوهشی، موضوع مهمی است که نباید ازنظر مغفول بماند. بسیاری از فعالیت‌هایی که در خصوصاً در دانشگاه‌های ایران تحت عنوان «تحقیق‌وتوسعه یا در واحدها و مراکز پژوهشی با اتکا به بودجه‌های پژوهشی دولتی» انجام می‌شوند ممکن است معیارهای پنج‌گانهٔ راهنمای فراسکاتی (Frascati Manual) در مورد فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه (یعنی بدیع (novel)، خلاقانه (creative)، توأم با عدم قطعیت (uncertain)، نظام‌مند (systematic)، قابل انتقال و/ یا قابل بازتولید بودن (transferable and/or reproducible) را برآورده نسازند (علیزاده و قاضی‌نوری، ۱۳۹۵؛ علیزاده و منطقی، ۱۳۹۸؛ OECD, 2015).
7. Lee & Yang
8. Barrio-García et al.

(شبکه اروپا[1]، ۲۰۲۱). در تخصیص منابع، دولت‌ها با این سؤال مواجه هستند که چه سهمی از بودجه باید به هر یک از برنامه‌های تحقیق‌وتوسعه اختصاص یابد (لی و یانگ، ۲۰۲۰). برای پاسخ، باید اطلاعاتی حداقلی دربارهٔ نتایج مورد انتظار از هر برنامه یا عملکرد مجری برنامه وجود داشته باشد. با وجود تأکید برنامه‌ریزان بر بودجه‌ریزی عملکردی (به‌ویژه در چند سال اخیر)، در کشور ما آن بخشی از منابع مالی مؤسسات که در بودجهٔ سالانه پیش‌بینی می‌شود، کمتر مبتنی‌بر عملکرد بوده و معمولاً تحت‌تأثیر متوسط رشد سالانهٔ بودجه، افزایش می‌یابد (زراعت‌کیش و همکاران، ۱۳۹۹).

اکنون پرسش اصلی پژوهش حاضر این است که مدل تخصیص بهینه و استوار بودجه تحقیق‌وتوسعه به‌منظور حداکثرسازی بروندادهای مستقیم تحقیق‌وتوسعه چیست؟ و با توجه به عدم قطعیت در تحقق بروندادهای تحقیق‌وتوسعه، چگونه می‌توان اعتبارات پژوهشی را به‌نحوی بهینه و استوار تخصیص داد؟ از آنجایی که فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه ذاتا با عدم قطعیت عجین شده‌اند، نتایج مدلسازی و بهینه‌سازی ریاضی با تغییر در مقادیر ورودی‌ها اعتبار خود را از دست می‌دهد؛ بنابراین در چنین شرایطی باید به‌نحوی‌که در قسمت چهارم این پژوهش تشریح می‌شود، مدل را استوار کرد.

برای پاسخ به این پرسش‌ها، ابتدا مبانی نظری و ادبیات مرتبط با موضوع مرور می‌شود؛ سپس کلیات روش پژوهش ارائه و مدل بهینه‌سازی استوار برای تخصیص بودجه توسعه داده می‌شود. پس از آن، تجزیه و تحلیل یافته‌ها انجام می‌شود. جمع‌بندی، پیشنهادهای سیاستی و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی بخش پایانی این پژوهش خواهد بود.

۲. ادبیات موضوع

تخصیص بودجه به زبان ساده همان تقسیم بودجه (منابع مالی معین) بین چند فعالیت مشخص است تا فرآیند انجام فعالیت‌ها برای دستیابی به نتایج مورد انتظار را تسهیل نماید (ژائو و همکاران[2]، ۲۰۱۷). بودجه‌ریزی عملیاتی نیز عبارت است از برنامهٔ سالانه به‌همراه بودجه که رابطهٔ میان وجوه تخصیص‌یافته به هر برنامه و نتایج حاصل از آن برنامه را نشان می‌دهد. در اواخر دههٔ ۱۹۸۰م. و با توجه به لزوم کارایی بیشتر در تأمین مالی عمومی، ایدهٔ بودجه‌ریزی مبتنی‌بر عملکرد در مورد برنامه‌هایی که حمایت مالی دولتی داشتند، مطرح شد. بودجه‌ریزی مبتنی بر عملکرد، مستلزم ارزیابی بروندادها و مقایسه آنها با منابع و فعالیت‌هاست و از این منظر با رویکردهای قبلی مدیریت بودجه که بر دروندادها و فرآیندها تمرکز داشت، تفاوت دارد (لی و یانگ، ۲۰۱۸).

بدیهی است پیش‌فرضی که در تمامی این پژوهش‌ها (و پژوهش حاضر نیز) وجود دارد این است که تخصیص بودجه تحقیق‌وتوسعه، موجب حصول نتایج[3] می‌شود (یا انتظار می‌رود که بشود). هرچند در این مورد نیز مطالعاتی وجود دارند که نشان می‌دهند یک نقطه اشباع وجود دارد (دای و چنگ[4]، ۲۰۱۵)؛ یعنی از نقطه‌ای به بعد، افزایش بودجه الزاماً به معنی افزایش بروندادها نیست یا به تعبیر دیگری الزاماً به معنی کارایی و اثربخشی

1. Europa web
2. Gao et al.
3. Results
4. Die & Cheng

بیشتر نیست (قاضی و حسین‌زاده لطفی[۱]، ۲۰۱۹)؛ بنابراین پرسش تحقیق در بسیاری از مطالعات به این سمت سوق پیدا کرد که دولت چگونه می‌تواند دربارهٔ نحوهٔ تخصیص منابع مالی محدود و در اختیار تصمیم بگیرد به‌گونه‌ای که بیشترین بازده را در ازای سرمایه‌گذاری خود به‌دست آورد؟[۲]

بنابراین، بسیار مهم است که سیاست‌گذاران، شاخص‌های دقیق و مناسبی برای ارزیابی داشته باشند که بتوانند پیشرفت پروژه‌هایی را که از حمایت دولت برخوردارند، ارزیابی کنند؛ به‌طورکلی شاخص، یک مقدار اندازه‌گیری شده است که اطلاعاتی دربارهٔ یک پدیده یا وضعیت خاص فراهم می‌کند (دزیالاس و بلایند[۳]، ۲۰۱۸). در حالت کلی، شاخص‌های نمایانگر نتایج فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه را در سه سطح ارزیابی کرد. سطح اول که نتایج بلادرنگ یا اولیهٔ این فعالیت‌هاست «برونداد»[۴] نامیده می‌شود (برای مثال، مقاله). سطح بعدی نتایج که زمان بیشتری برای تحقق آن‌ها لازم است، «خروجی»[۵] است (برای مثال، پتنت، علامت تجاری، ...). سطح سوم که به‌طور معمول نیازمند چندین سال زمان برای تحقق است، «اثرات»[۶] نامیده می‌شود (نظیر: صادرات، رویالتی، ...) (علیزاده، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای از تعداد مقالات وب‌آوساینس، تعداد مقالات اسکوپوس و ای‌آراچ، تعداد مقالات در مجلات داخلی، تعداد کتاب‌ها، تعداد خلاصهٔ مقالات در کنفرانس‌ها، تعداد پتنت‌ها، تعداد مدل‌های آزمایشی[۷]، تعداد نمونه‌های اولیه[۸]، تعداد روش‌های تأیید شده[۹]، تعداد نرم‌افزارهای توسعه داده شده برای بررسی عملکرد مؤسسات پژوهشی در جمهوری چک، استفاده شده است (ملک و همکاران[۱۰]، ۲۰۱۴). در مطالعهٔ دیگری، پرکاربردترین شاخص‌ها برای ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی در کشور کره شامل: تعداد مقالات و پتنت‌ها، درآمد حاصل از پروانهٔ بهره‌برداری از فناوری[۱۱] (به‌عنوان شاخص سنجش برونداد)، تعداد مقالات و پتنت‌ها به ازای هر محقق (به‌عنوان شاخص سنجش بهره‌وری[۱۲])، تعداد ارجاعات به مقالات و پتنت‌ها (به‌عنوان شاخص ارزیابی اثرات) بوده است (لی و لی، ۲۰۱۵). در یکی دیگر از مطالعات انجام شده برای ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی دولتی کره، شاخص‌های درونداد و برونداد به‌صورت زیر تعریف شده است (بوئینگ[۱۳]، ۲۰۱۶):

درونداد: بودجه، تعداد پژوهشگران.

برونداد: تعداد درخواست پتنت ثبت شده در ادارهٔ پتنت داخلی، تعداد پتنت‌های صادر شده توسط ادارهٔ پتنت خارجی، تعداد درخواست پتنت ثبت شده در ادارات پتنت خارجی، تعداد پتنت‌های صادر شده توسط ادارت پتنت خارجی، تعداد مقالات منتشرشدهٔ فهرست‌شده در اس‌سی‌آی، تعداد مقالات منتشرشدهٔ فهرست‌نشده در اس‌سی‌آی، درآمد حاصل از پروانهٔ بهره‌برداری از فناوری. در رابطه با تخصیص یارانه‌های تحقیق‌وتوسعه برای

---

1. Ghazi & Hosseinzadeh Lotfi

۲. در تقابل با این ایده، مطالعات دیگری وجود دارند که موضوع عدالت و برابری سازمان‌های دریافت‌کنندهٔ بودجه از منابع دولتی را مطرح می‌کنند (Boeing, 2016).

3. Dziallas & Blind
4. Output
5. Outcome
6. Impact
7. Utility Models
8. prototypes
9. Certified Methods
10. Málek et al.
11. Technology Licensing Income
12. Productivity
13. Boeing

شرکت‌های چینی طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶، از اختراعات با کیفیت بالا و نوع مالکیت شرکت‌ها به‌عنوان شاخص‌ها و معیارهایی برای تخصیص بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه استفاده شده است.

باید توجه داشت که به‌رغم اهمیت پروانه‌های ثبت اختراع در نظام ملی نوآوری، بعضی مطالعات استفاده از تعداد پتنت‌ها را به‌عنوان شاخص عملکرد دانشگاه‌ها زیرسؤال برده‌اند؛ به‌عنوان مثال، مطالعه‌ای که بر سنجش عملکرد دانشگاه‌های اسپانیایی متمرکز است، به این موضوع اشاره می‌کند که مدل امریکایی برمبنای پتنت عمل می‌کند، درحالی‌که دانشگاه‌های اسپانیایی عمدتاً بر قراردادهای تحقیق‌وتوسعه با صنعت تکیه دارند (سانچز-باریولینگو[1]، ۲۰۱۴). مطالعهٔ دیگری روی دانشگاه‌های ایرلندی، از اهمیت یافتن شاخص تعداد پتنت در دانشگاه‌های اروپایی ابراز نگرانی می‌کند؛ چراکه حتی در آن‌دسته از دانشگاه‌های امریکایی که از نظر «ارتباط با صنعت» الگوی جهانی محسوب می‌شوند (مثل استنفورد و ام‌آی‌تی) پتنت‌ها به‌دلیل عدم بلوغ تجاری، ارزش زیادی برای دانشگاه و صنعت خلق نمی‌کنند؛ به‌عنوان مثال، در ام‌آی‌تی فعالیت‌های ثبت پتنت تنها ۱۰٪ از کل فعالیت‌های مربوط به انتقال فناوری را تشکیل می‌دهد. مطالعهٔ دیگری که درمورد کشور برزیل انجام شده، نشان داده که پتنت‌ها یکی از کانال‌های انتقال فناوری بوده‌اند که کمترین استفاده را داشته‌اند. به‌علاوه، ثبت پتنت و لیسانس به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی عملکرد، در حوزه‌هایی به‌جز نرم‌افزار و علوم‌زیستی کمتر به‌کار گرفته می‌شوند؛ بنابراین، استفاده از شاخص تعداد پتنت برای ارزیابی بروندادهای فعالیت‌های پژوهشی درمورد بسیاری از رشته‌های دانشگاهی مناسب نیست (فیلپات و همکاران[2]، ۲۰۱۱). افزون‌بر این، در بخش‌هایی مانند: انرژی، مدت‌ها طول می‌کشد تا فناوری‌ها به مرحلهٔ تجاری‌سازی برسند (لی و یانگ، ۲۰۱۸). در نتیجه نیاز به اتکا به شاخص‌های دیگری برای ارزیابی عملکرد تحقیق‌وتوسعه بروز کرد (یعنی شاخص‌هایی علاوه‌بر مقالات و پتنت). در مطالعهٔ انجام شده روی ۶۹ دپارتمان آکادمیک در حوزهٔ علوم در منطقهٔ لمباردی ایتالیا، چهار نوع خروجی برای پژوهش‌های آکادمیک تعریف شده است؛ کمّیت (تعداد انتشارات)، کیفیت (شاخص‌های ارجاعات)، فاند پژوهشی دریافت‌شده ازطریق گرنت‌های پژوهشی، و فاند پژوهش‌های کاربردی دریافت‌شده از طریق سفارش‌های بیرونی. در نتیجه، عملکرد هر مؤسسه براساس مفهوم کارایی تعیین می‌شود؛ یعنی توانایی حداکثرسازی بروندادهای پژوهش‌های آکادمیک به ازای مقدار مشخصی از ورودی (تسهیلات و منابع انسانی). به این‌ترتیب، یکی دیگر از بروندادهای مرتبط با پژوهش‌های دانشگاهی، توانایی جذب گرنت‌های پژوهشی و سفارش‌های بیرونی است؛ زیرا کیفیت پژوهش انجام شده را منعکس می‌کند. به‌خصوص چون دانشگاه‌ها با محدودیت‌های سخت بودجه‌ای مواجه می‌شوند، به پژوهشگران خود اجازه می‌دهند زمان بیشتری را برای فعالیت‌های درآمدزا نظیر پژوهش‌های کاربردی و مشاوره اختصاص دهند؛ بدین‌ترتیب، شاخص‌های درونداد را تعداد کارکنان، منابع مالی و دانشجویان، فضاهای فیزیکی (نظیر تسهیلات، ساختمان‌ها، ...) می‌دانند. مهم‌ترین بروندادهای آموزشی نیز تعداد دانشجویان، تعداد ثبت‌نام‌های تمام‌وقت و میزان گرنت‌های جذب‌شده و مهم‌ترین بروندادهای پژوهشی تعداد فارغ‌التحصیلان، تعداد انتشارات و میزان گرنت‌های پژوهشی کاربردی جذب‌شده ازطریق سفارش‌های بیرونی و شاخص‌های تعداد ارجاعات به انتشارات است.

1. Sánchez-Barrioluengo
2. Philpott et al.

تأثیر مشارکت دانشمندان در فعالیت‌های مربوط به انتقال فناوری مثل: پتنت کردن، شرکت‌های انشعابی دانشگاهی و قراردادهای پژوهشی [با خارج دانشگاه] نیز قابل بررسی است. وابستگی شاخص‌های برونداد به یکدیگر، ارتباط بین کمّیت و کیفیت انتشارات نیز مطرح شده است. درهمین ارتباط، بررسی‌ها نشان داده است که بروندادهای علمی از عواملی نظیر اندازه و ماهیت پروژه‌ها (ملی یا بین‌المللی؛ همکارانه یا غیرهمکارانه)، سن و جنسیت نویسندگان نیز تأثیر می‌پذیرند(آگاسیستی و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طورکلی دشواری‌هایی نیز در برآورد شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی وجود دارد؛ برای مثال، اغلب تأخیر زمانی بین مزایای اقتصادی حاصل از فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه و انجام آن‌ها وجود دارد. حتی تخمین دقیق منابع تخصیص‌یافته (زمان و تعداد پژوهشگران) آسان نیست. مزایای اجتماعی نیز به‌طور دقیق قابل برآورد نیستند، درحالی‌که قطعاً جزو اثرات منتج از فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه به‌حساب می‌آیند. بعضی مطالعات نشان‌داده‌اند، فارغ از شاخص‌های ارزیابی برونداد یا عملکرد مجریان فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه، روابط و برند شرکت‌ها هم در دریافت بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه نقش جدی و کلیدی دارند؛ به‌بیان دیگر، در تخصیص بودجهٔ دولتی، ارتباط بین متقاضی بودجه با سطح دولت و حاکمیت یک عامل مهم در دریافت بودجه است. فرآیند مشابهی در دریافت بودجهٔ تحقیق‌وتوسعهٔ دولتی توسط شرکت‌های کوچک‌تر از شرکت‌های بزرگ‌تر وجود دارد. از بین تمامی شرکت‌ها، شرکت‌های فناور شانس بیشتری در دریافت بودجهٔ دولتی تحقیق‌وتوسعه دارند. ضمن این‌که شرکت‌هایی که توسط دولت حمایت مالی می‌شوند، از یارانه به‌طور مؤثرتری استفاده می‌کنند و عملکرد خود را بهبود می‌بخشند (چن و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

جمع‌بندی ادبیات موضوع درخصوص شاخص‌های ارزیابی بروندادهای فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه نشان می‌دهد که می‌توان آن‌ها را ذیل چهار دسته قرار داد؛ برونداد (انتشارات، پتنت‌ها و فارغ‌التحصیلان)، خروجی‌ها (مدل‌های آزمایشی، نمونه‌های اولیه و شرکت‌های انشعابی، ...)، شاخص‌های مربوط به بهره‌وری (تعداد ارجاعات به مقالات و پتنت‌ها) و اثرات (رویالتی و حجم و تعداد سفارش پژوهش‌های کاربردی دریافت شده). درخصوص اهمیت این شاخص‌ها یا ارجحیت آن‌ها نسبت به‌هم مطالعات خاصی انجام نشده است، فقط همان‌طورکه پیش‌تر هم اشاره شد، برخی از مطالعات شاخص‌هایی مانند پتنت را برای ارزیابی عملکرد دانشگاه‌ها مناسب نمی‌دانند و برخی مطالعات جدیدتر نیز بر شاخص‌هایی مثل حجم و تعداد سفارش پژوهش‌های کاربردی دریافت شده توسط دانشگاه بیشتر تأکید دارند. در جدول ۱، دسته‌بندی مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی نتایج تحقیق‌وتوسعه ارائه شده است.

جدول ۱: دسته‌بندی شاخص‌های ارزیابی نتایج تحقیق‌وتوسعه

Tab. 1: Classification of indicators for evaluating the results of research and development

شاخص		شاخص فرعی
برونداد	انتشارات	تعداد مقالات Web of Science
		تعداد مقالات Scopus و ERH
		تعداد مقالات در مجلات داخلی
		تعداد مقالات Web of Science
		تعداد کتاب

1. Chen et al.

		تعداد چکیده در کنفرانس‌ها
	پتنت‌ها	تعداد درخواست‌های ثبت اختراع در اداره ثبت اختراع داخلی
		تعداد پتنت‌های صادر شده توسط اداره ثبت اختراعات داخلی
		تعداد درخواست‌های ثبت اختراع در دفاتر ثبت اختراع خارجی
		تعداد اختراعات صادر شده توسط اداره ثبت اختراعات خارجی
	فارغ‌التحصیلان	تعداد فارغ‌التحصیلان
خروجی		تعداد مدل‌های آزمایشی
		تعداد نمونه‌های اولیه
		تعداد روش‌های تأیید شده
		تعداد نرم‌افزارهای توسعه‌یافته
		تعداد شرکت‌های انشعابی دانشگاهی
بهره‌وری	انتشارات	بهره‌وری تعداد استناد به مقالات
		تعداد مقالات به ازای هر محقق
	پتنت‌ها	تعداد مراجع ثبت اختراع
		تعداد اختراعات به ازای هر محقق
اثرات		میزان درآمد حاصل از مجوز بهره‌برداری از فناوری
		حجم کمک هزینه‌های تحقیقاتی دریافتی از سفارشات بیرونی[1]
		تعداد سفارشات تحقیقات کاربردی دریافت شده از خارج از کشور

(مأخذ: یافته‌های پژوهش).

۳. مروری بر مطالعات پیشین

تخصیص بودجه مشتمل‌بر مجموعه‌ای از تصمیمات راهبردی است. دریافت بودجهٔ زیاد برای یک سازمان، کاری دشوار محسوب می‌شود؛ زیرا بودجه‌ی در اختیار دولت، محدود است. از سوی دیگر، همان‌طورکه اشاره شد دریافت بودجهٔ بیشتر، به‌معنای کارایی و اثربخشی بیشتر نیست. در هر کشوری، بودجهٔ دولتی به‌صورت سالانه به همهٔ سازمان‌ها تخصیص می‌یابد. در اغلب کشورهای درحال توسعه، سازمان‌ها تلاش می‌کنند بودجهٔ بیشتری دریافت کنند، بدون توجه به این‌که چه مقدار از بودجه برای آن‌ها مؤثر است. این موضوع یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها در بودجه‌ریزی سالانه دولتی به‌صورت سنتی است؛ به‌همین دلیل، بودجه‌ریزی اثربخش ذیل مباحث بهینه‌سازی موردتوجه قرار گرفته و به‌جای استفاده از روش‌های سنتی، روش‌های تخصیص بهینهٔ بودجه پیشنهاد شده است (قاضی و حسین‌زاده لطفی، ۲۰۱۹).

به‌طورکلی، مطالعه دربارهٔ مدل‌های بهینهٔ تخصیص بودجه قدمت زیادی دارد و به دههٔ ۱۹۵۰م. بازمی‌گردد؛ تا قبل از آن به‌واسطهٔ محیط‌های آرام و باثبات سازمان‌ها، بودجه‌ریزی از پیچیدگی خاصی برخوردار نبود و برای پیش‌بینی هزینه‌ها معمولاً از روند گذشته و پیش‌بینی‌های ساده و متداول استفاده می‌شد. از آن زمان و با متلاطم و آشفته‌تر شدن محیط‌های سازمانی، بودجه‌ریزی مبتنی‌بر عملکرد مطرح و بودجه به یک ابزار و عامل استراتژیک برای سازمان‌ها تبدیل شد (آذر و نجفی، ۱۳۹۰).

---

۱. توانایی یک دانشگاه یا پژوهشگاه دولتی برای دریافت سفارش پژوهش‌های تقاضامحور بیرونی، شاید ماحصل سال‌ها تحقیق و تجربه و سوابق مثبت آن دانشگاه باشد. از این رو، در مطالعات جدیدتر این حوزه، گرنت بیرونی را شاخصی برای ارزیابی دانشگاه‌ها می‌دانند نه شاخص درونداد.

تخصیص بودجه در تحقیقات پیشین با روش‌ها و رویکردهای مختلف انجام شده است. در بین همهٔ رویکردها، به‌طورکلی اهمیت رویکردهای ریاضی تخصیص بودجه در مواردی که تعداد متغیرهای تصمیم، محدودیت‌ها و اهداف افزایش می‌یابند، غیرقابل انکار است. یکی از این موارد، تخصیص بودجه به تعداد زیادی از دانشگاه‌ها است که در صورت عدم استفاده از روش‌های ریاضی، عدم تخصیص بهینهٔ منابع موجود بروز می‌کند (آذر و همکاران، ۱۳۹۲).

مرور سیستماتیک پیشینهٔ تحقیق با رویکرد موسع انجام شده است. دلیل این امر، جستجو و یافتن انواع متنوع مدل‌های بهینه‌سازی برای انتخاب فعالیت‌هاست (که در برخی مقالات معادل با انتخاب پروژه‌ها است) و در گام بعدی با تخصیص منابع مالی به پروژه‌ها یا فعالیت‌ها دنبال می‌شود؛ به‌عبارت دیگر، انتخاب فعالیت‌ها یا پروژه‌ها مقدمه‌ای بر تخصیص بودجه به آن فعالیت یا پروژه است و این انتخاب براساس بهینه‌سازی نتایج آن پروژه یا فعالیت صورت می‌گیرد. در این‌میان، همهٔ مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی با توجه به محدودیت‌های مربوط به منابع، تابع هدف یا توابع هدفی را بهینه می‌سازند. این مدل‌ها براساس ساختار ریاضی می‌توانند برنامه‌ریزی خطی (اوچتاق و یوکسلتن[۱]، ۲۰۱۲)، غیرخطی، عدد صحیح، پویا[۲]، آرمانی[۳]، چندهدفه یا تصادفی[۴] و برنامه‌ریزی فازی باشند (هایدنبرگر و استامر[۵]، ۱۹۹۹؛ مدرس و حسن‌زاده[۶]، ۲۰۰۹). از دیگر ابتکارات می‌توان به استفاده از شاخص «پیرسون» و «گیتینز» برای بهینه‌سازی (تالیاس[۷]، ۲۰۰۷)، روش BSC و DEA توسعه‌یافته (ایلات و همکاران، ۲۰۰۸[۸])، یک مدل بهینه‌سازی با متغیرهای گسسته (لیتوینچوف و همکاران[۹]، ۲۰۱۰)، مدل توصیف ریسک فناوری در پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه (لو[۱۰]، ۲۰۱۲)، مدل برنامه‌نویسی صحیح صفر-یک غیرخطی برای تعادل مقادیر و خطرات در انتخاب پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه با هدف حداکثرسازی ارزش پروژه‌ها و کاهش ریسک (عباسی و همکاران[۱۱]، ۲۰۱۴)، سیستم‌های ارزیابی ترکیبی از روش‌های سنتی و الگوریتم‌های نوین (ملک و همکاران[۱۲]، ۲۰۱۴)، مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای تهیهٔ فهرست پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه در شرایط نامشخص (هزینه و منابع نامشخص) (سان و همکاران[۱۳]، ۲۰۱۷) اشاره کرد. از دیگر روش‌ها می‌توان به‌روش انتخاب پروژه تحقیق‌وتوسعهٔ چند معیاره فازی مبتنی‌بر TOPSIS فازی سلسله‌مراتبی (تولگا[۱۴]، ۲۰۰۸)، مدل‌های سیستم دینامیک و درخت تصمیم تقریبی (تان[۱۵] و همکاران، ۲۰۱۰)، روش تلفیقی F-DEA و AHP (لیو[۱۶]، ۲۰۱۱)، مدل‌های تخمین تحت شرایط کمبود اطلاعات (وایسنتال[۱۷] و همکاران، ۲۰۱۲)، روش DEA توسعه‌یافته (وندال

1. Üçtuğ & Yükseltan
2. Dynamic
3. Goal programming
4. Stochastic
5. Heidenberger & Stummer
6. Modarres & Hasanzadeh
7. Talias
8. Eilat et al.
9. Litvinchev et al.
10. Luo
11. Abbassi et al.
12. Málek et al.
13. Sun et al.
14. Tolga
15. Tan et al.
16. Liu
17. Wiesenthal et al.

و دکوتیر[۱]، ۲۰۱۳)، روش MCDM، AHP و DEA (لی و همکاران[۲]، ۲۰۱۳) ارائه الگوریتم‌هایی جهت تخصیص بودجهٔ بهینه برای مسأله نقطه مرکزی و برای مسأله نقطهٔ متوسط روی درختان (بن–موشه و همکاران[۳]، ۲۰۱۶)، روش DEA برای ارزیابی کارایی پروژه‌های تخصیص داده شده (چون و همکاران[۴]، ۲۰۱۶؛ قاضی و حسین‌زاده لطفی[۵]، ۲۰۱۹) مدل بودجه‌بندی مشارکتی تحت عدم اطمینان (گومز و همکاران[۶]، ۲۰۱۶)، رتبه‌بندی و انتخاب تخصیص بودجه تحت شرایط عدم اطمینان در ورودی‌های مسأله (ژائو و همکاران[۷]، ۲۰۱۷)، شبیه‌سازی مسأله انتخاب m طرح بهتر و n طرح بدتر از مجموع k گزینهٔ در دسترس (ژیائو و همکاران[۸]، ۲۰۱۷)، چارچوب پشتیبانی تصمیم برای تخصیص بهینهٔ بودجه‌های تحقیق‌وتوسعهٔ ملی با استفاده از یادگیری ماشین و بهینه‌سازی (جانگ[۹]، ۲۰۱۹)، مدل تخصیص بهینهٔ محاسباتی با استفاده از الگوریتم GWO (فو و همکاران[۱۰]، ۲۰۲۱) را نام‌برد که همگی ازجمله روش‌های پیشنهادی تخصیص بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه در تحقیقات پیشین طی دو دههٔ گذشته است.

دستهٔ دیگری از رویکردها، رویکردهای تلفیقی تصمیم‌گیری و نظریهٔ بازی‌ها هستند (مانند: رویکردهای درخت تصمیم‌گیری، رویکردهای مبتنی‌بر نظریهٔ بازی) که تحولات یا تغییرات محیط سازمان را موردتوجه قرار داده‌اند (هایدنبرگر و استامر[۱۱]، ۱۹۹۹).

مدل‌های شبیه‌سازی ابزاری بسیار قدرتمند برای کمک به تصمیم‌گیری در بسیاری از برنامه‌های تخصیص بودجه (برنتلی و همکاران[۱۲]، ۲۰۱۴) و نیز برای انتخاب پروژه‌ها هستند. این مدل‌ها نمایش سیستم‌های دنیای واقعی را با جزئیات بیشتری نسبت به مدل‌های بهینه‌سازی امکان‌پذیر می‌کنند و در شرایطی مورداستفاده قرار می‌گیرند که آزمودن در دنیای واقعی غیرمناسب، بیش از حد پرهزینه و زمان‌بر است و فرآیندهای تحلیلی پیچیده نمی‌توانند با هزینهٔ موجه و در زمان قابل‌قبول به‌کار بسته شوند (هایدنبرگر و استامر، ۱۹۹۹)؛ برای مثال، در یکی از مطالعات نسبتاً جدید و مرتبط، مدل انتخاب و برنامه‌ریزی پروژهٔ تحقیق‌وتوسعهٔ جدید برای تصمیم‌گیری با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی و شبیه‌سازی «مونت کارلو» در قالب یک مسأله بودجه‌بندی تحت شرایط عدم قطعیت ضرایب مسأله در توابع هدف و محدودیت‌ها توسعه داده شده است (حسن‌زاده و همکاران[۱۳]، ۲۰۱۴).

الگوریتم‌های هیوریستیک نیز دستهٔ دیگری از مدل‌های مورداستفاده برای تخصیص بودجه تحقیق‌وتوسعه هستند که جواب قابل‌قبول و نه لزوماً بهینه را پیدا می‌کنند. این الگوریتم‌ها، در مقالات جدیدتر حوزهٔ انتخاب و تخصیص بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه مطرح شده‌اند. درنهایت، رویکردهای تقلید شناختی تلاش می‌کنند مدلی از فرآیند تصمیم‌گیری واقعی را در یک سازمان بنا کنند. در سال‌های اخیر، روش‌های متنوع‌تری برای تحلیل اثرات

1. Vandaele & Decouttere
2. Lee et al.
3. Ben-Moshe et al.
4. Chun et al.
5. Ghazi & Hosseinzadeh Lotfi
6. Gomez et al.
7. Gao et al.
8. Xiao et al.
9. Jang
10. Fu et al.
11. Heidenberger & Stummer
12. Brantly et al.
13. Hassanzadeh et al.

سرمایه‌گذاری‌های تحقیق‌وتوسعه نیز پیشنهاد شده است. در برخی از این روش‌ها (مانند: مدل‌سازی سیستم‌های پویا) تعاملات پیچیده بین عوامل و رابطهٔ علّی بین آن‌ها تحلیل می‌شود؛ هرچند وقتی تعداد عوامل زیاد می‌شود، کارایی خود را ازدست می‌دهند. شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز برای تحلیل آثار سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه مورداستفاده قرار گرفته‌اند.

«جانگ»[1] (۲۰۱۹) یک چارچوب ترکیبی برای تصمیم‌گیری درمورد تخصیص بهینهٔ بودجهٔ برنامه‌های تحقیق‌وتوسعه در کره جنوبی ارائه داده است. در این تحقیق از روش بهینه‌سازی به‌روش ماشین یادگیری حدی[2] برای تخصیص بهینه و برآورد دقیق بازده تحقیق‌وتوسعه در آینده استفاده شد و مدل پیشنهادی برای بودجه‌بندی یک برنامهٔ ملی تحقیق‌وتوسعه پیاده‌سازی شد. «لی»[3] و «یانگ» (۲۰۲۰) استراتژی‌هایی در رابطه با تخصیص بودجه به بخش تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در کره جنوبی ارائه دادند. آن‌ها سه معیار تخصیص بودجه شامل عملکرد سرمایه‌گذاری گذشته، اثرات مورد انتظار در آینده و ریسک سرمایه‌گذاری اضافی را برای دستیابی به اهداف تحقیق‌شان درنظر گرفتند و یک مدل تخصیص بازار برای تجزیه و تحلیل اثرات موردانتظار در آینده و یک مدل سیستم دینامیک برای محاسبهٔ حجم سرمایه‌گذاری ارائه دادند. «ژی» و همکاران[4] (۲۰۲۱) حمایت‌های یارانه‌ای دولت در بخش تحقیق‌وتوسعه تولید واکسن، در شرایطی که ریسک، تأثیر نامطلوب بر خریدار دارد را با استفاده از روش تئوری بازی تکاملی در چین بررسی کردند. یارانهٔ تولید هر واحد با سطح پایین ریسک‌پذیری یا تقاضای بالقوهٔ بالا، بیشتر است و ممکن است به‌دلیل عملکرد ناپایدار، توسط دولت حذف شود. درواقع، وقتی ضریب هزینهٔ نوآوری نسبتاً کم باشد، یارانهٔ تولید به ازای هر واحد کاهش داده می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Jang
2. Extreme Learning Machine (EML)
3. Lee & Yang
4. Xie et al.

جدول ۲: جمع‌بندی مهم‌ترین مطالعات خارجی در زمینهٔ بهینه‌سازی و مدل‌های ریاضی تخصیص بودجه و مشخصات هریک از مطالعات (۲۰۰۰-۲۰۲۱)

Tab. 1: Summary of the most important foreign studies in the field of optimization and mathematical models of budget allocation and the characteristics of each study (2000-2021)

نویسندگان	سال	نوع مطالعه/ روش/ مدل اصلی	گروه هدف/ بخش/ مطالعهٔ موردی/ کشور	تم اصلی
عباسی و همکاران	۲۰۱۴	روش مبتنی‌بر آنتروپی متقابل	ایران	انتخاب پروژه‌های تحقیقاتی
بن-موشه و همکاران	۲۰۱۶	چارچوب تلفیقی بهینه‌سازی و نظریهٔ گراف	اسرائیل	بهینه‌سازی یارانه‌های تحقیق‌وتوسعه
برنتلی و همکاران	۲۰۱۴	شبیه‌سازی	وزارت انرژی/ چین	مدیریت و افزایش کارایی تخصیص بودجه
چون و همکاران	۲۰۱۶	DEA	پروژه‌های انرژی/ کره	ارزیابی عملکرد تحقیق‌وتوسعه
ایلات و همکاران	۲۰۰۸	رویکرد کارت امتیازی متوازن و DEA	آزمایشگاه‌های تحقیقاتی صنعتی/ چین	ارزیابی پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه
فو و همکاران	۲۰۲۱	الگوریتم بهنیه‌سازی گرگ خاکستری	چین	بهینه‌سازی تصادفی
ژائو و همکاران	۲۰۱۷	آمار توصیفی و بهینه‌سازی استوار	شرکت‌های کوچک و متوسط چینی	بهینه‌سازی استوار
قاضی و حسین‌زاده لطفی	۲۰۱۹	مدل‌سازی مبتنی‌بر تحلیل پوششی داده‌ها	شرکت‌های توزیع گاز طبیعی در ایران	ارزیابی و تخصیص بودجه
گومز و همکاران	۲۰۱۶	رویکرد مشارکتی در بهینه‌سازی	اسپانیا	کنترل عدم‌قطعیت در بودجه‌ریزی
حسن‌زاده و همکاران	۲۰۱۴	شبیه‌سازی مونت کارلو و بهینه‌سازی چندهدفه	سازمان‌های تحقیقاتی در بخش دارو/ ایران	بهینه‌سازی استوار
جانگ	۲۰۱۹	یادگیری ماشین	پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه، کره	کنترل عدم‌قطعیت در بودجه‌ریزی برای پروژه‌های مختلف
لی و همکاران	۲۰۱۳	AHP/ DEA	منابع تحقیق‌وتوسعه در بخش انرژی/ چین	کارایی در تخصیص منابع تحقیق و توسعه
لی و همکاران	۲۰۲۰	DEA	دولت‌های محلی در کره	تحلیل عملکرد سرمایه‌گذاری در تحقیق‌وتوسعه
لیتوینچوف و همکاران	۲۰۱۰	MODM	پروژه‌های کلان تحقیق‌وتوسعهٔ دولتی/ مکزیک	ماگزیمم‌سازی چندهدفه/ اندازه‌گیری اثربخشی پروژه‌های تحقیق‌وتوسعهٔ دولتی
لیو	۲۰۱۱	تحلیل پوششی داده‌های فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی یکپارچه شده	تایوان	تخصیص بودجه تحقیق‌وتوسعهٔ دولتی
لو	۲۰۱۲	مدل‌سازی ریاضی	پورتفوهای پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه/ مجارستان	متنوع‌سازی بهینه پورتفوهای پروژه‌های

نویسندگان	سال	نوع مطالعه/ روش/ مدل اصلی	گروه هدف/ بخش/ مطالعهٔ موردی/ کشور	تم اصلی
				تحقیق‌وتوسعه
ملک و همکاران	۲۰۱۴	ارزیابی شاخص‌های علم‌سنجی	مؤسسات پژوهشی در جمهوری چک	پشیبانی از تحقیق‌وتوسعه با منابع صندوق‌های دولتی
سان و همکاران	۲۰۱۷	مدل‌سازی ریاضی	پروژه‌های تحقیق‌وتوسعهٔ دولتی/چین	کنترل عدم‌قطعیت در بهینه‌سازی سبدهای تحقیق‌وتوسعه
تالیاس	۲۰۰۷	ارزیابی شاخص‌ها: شاخص پیرسون و شاخص گیتینز	صنعت دارو، آلمان	انتخاب پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه/ استفاده از شاخص‌های تصمیم‌گیری برای ارزیابی آن‌ها
تان و همکاران	۲۰۱۰	مدل‌های سیستم دینامیک و درخت‌های تصمیم	پروژه‌های انرژی، ایالات متحده	ارزیابی پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه/ کنترل ماهیت پویای پروژه‌های ریسکی تحقیق‌وتوسعه
تولگا	۲۰۰۸	تصمیم‌گیری چندشاخصهٔ فازی	ترکیه	انتخاب پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه
اوچتاق و یوکسلتن	۲۰۱۲	برنامه‌ریزی خطی	بخش انرژی خانگی/ ترکیه	کارایی تخصیص بودجه
وندال و دکوتیر	۲۰۱۳	یک مدل DEA	صنعت دارو، بلژیک	ارزیابی پورتفوهای تحقیق‌وتوسعه
وایسنتال و همکاران	۲۰۱۲	یک روش چهارمرحله‌ای کیفی	فناوری‌های حوزهٔ انرژی/ایالات متحده	تخمین سرمایه‌گذاری دولت یا بخش کسب‌وکار در تحقیق‌وتوسعه در شرایط عدم قطعیت
ژیائو و همکاران	۲۰۱۷	شبیه‌سازی	شرکت‌های چینی	تخصیص بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه/ انتخاب هم‌زمان بهترین و بدترین زیرمجموعه‌ها

در بین مهم‌ترین و مرتبط‌ترین مطالعات داخلی، «رجبی» (۱۳۹۱) با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی و منطق فازی الگویی برای تخصیص بهینهٔ بودجه وزارت بهداشت به استان‌های ایران ارائه کرده است. در این مطالعه برای تخصیص بهینهٔ بودجه، ابتدا به‌وسیلهٔ شاخص‌سازی، موقعیت هر استان نسبت به سایرین تعیین شده و سپس، با توجه به اولویت‌های موردنظر، الگوی تخصیص بودجه با روش برنامه‌ریزی آرمانی طراحی و بر این اساس بودجهٔ سالانهٔ این وزارت‌خانه به استان‌ها تخصیص داده شده است. «آذر» و همکاران (۱۳۹۲) از مدل بودجه‌ریزی مبتنی‌بر عملکرد برای تخصیص بودجهٔ یک دانشگاه به دانشکده‌ها استفاده کرده‌اند. با توجه به عدم قطعیت در حدود بودجه، آن‌ها از روش برنامه‌ریزی آرمانی استوار استفاده کرده و برای وزن آرمان‌ها و میزان اهمیت برنامه‌ها به مقایسهٔ زوجی خبرگان اتکا کرده‌اند. «آذر» و همکاران (۱۳۹۳) یک مدل بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد استوار- فازی رویکردی در مدیریت ریسک تخصیص بودجه توسعه دادند. در این مدل از یک‌سو تخصیص بودجه به برنامه‌ها براساس اهمیت هر برنامه، و از سوی دیگر تخصیص بودجه به دانشکده‌ها براساس سرانهٔ دانشجویی مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری موردتوجه قرار گرفت. نکتهٔ مهم در طراحی این مدل (که به‌عنوان مطالعهٔ موردی در دانشگاه تربیت‌مدرس پیاده شد) استفاده از ضریب کارایی برای تعیین اهمیت هرگروه آموزشی به‌منظور تخصیص بودجه به آن بود. «رحمانی فضلی» و «عرب‌مازار» (۱۳۹۵) یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی جهت تخصیص بهینهٔ استانی منابع بودجه در راستای تحقق آرمان‌های عمدهٔ کلان اقتصادی و اجتماعی کشور شامل: کاهش نرخ بیکاری، کاهش نابرابری درآمدی و افزایش تولید و اشتغال و سطح سرمایهٔ اجتماعی ارائه دادند. مدل طراحی شده، سطح بهینهٔ تخصیص بودجه به استان‌ها را تعیین می‌نمود. «خالقی سروش» و همکاران (۱۳۹۶) الگویی برای تخصیص منابع آموزش عالی در ایران با استفاده از روش معادلات ساختاری تفسیری طراحی، و شاخص‌های کلیدی تخصیص منابع استخراج و در سه گروه مؤلفه‌های سیاسی، عملکردی و رویکردی طبقه‌بندی کرده‌اند.

بررسی طراحی چارچوب تخصیص بهینهٔ بودجه در مطالعات پیشین نشان می‌دهد در بین مطالعات خارجی تاکنون مدل جامع و کارایی برای تخصیص بودجهٔ دولتی تحقیق‌وتوسعه به دانشگاه‌ها ارائه نشده است. هم‌چنین از آنجایی‌که ملاک تخصیص یا افزایش بودجه، به‌ویژه در بخش تحقیق‌وتوسعهٔ ایران کمتر مبتنی‌بر عملکرد بوده و تابع متوسط افزایش سالانهٔ بودجه است، در هیچ مطالعهٔ داخلی به موضوع تخصیص بهینهٔ مقدار مشخصی از اعتبارات تحقیق‌وتوسعه بین تعدادی از دانشگاه‌های ایران با درنظر گرفتن عدم‌قطعیت در بروندادهای فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه پرداخته نشده است. از این حیث، موضوع پژوهش حاضر، نوآورانه و کاربردی است.

۴. روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش یک پژوهش توسعه‌ای است و هدف آن، ارائه یک مدل ریاضی برای تخصیص بهینهٔ بودجه است. این مدل باید مستقل از داده‌های به‌کار رفته برای تست بوده و قابلیت پیاده‌سازی در ابعاد بزرگ‌تر را داشته باشد. بدین‌ترتیب انتظار می‌رود مدل ارائه شده در این تحقیق بتواند به بهبود تخصیص بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه دانشگاه‌ها براساس بروندادهای فعالیت‌های پژوهشی، کمک نماید. با این توضیح، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (از زاویهٔ

حداکثرسازی بروندادهای فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه) و سازمان برنامه و بودجه (از زاویهٔ تخصیص بهینهٔ منابع محدود مالی) می‌توانند مخاطبان و کاربران اصلی نتایج پژوهش باشند.

۴-۱. بهینه‌سازی استوار و تخصیص بودجه

در برنامه‌ریزی ریاضی برای تخصیص بودجه، معمولاً مسائل با پیش‌فرض قطعی بودن داده‌ها مدل‌سازی و حل می‌شوند. در این مدل‌ها اثر عدم‌قطعیت داده‌ها در کیفیت و امکان‌پذیری جواب‌ها تأثیری ندارد؛ در نتیجه در مسائل دنیای واقعی ممکن است با تغییر یکی از داده‌ها، برخی محدودیت‌ها نقض و جواب به‌دست آمده غیربهینه یا حتی غیرممکن شود. این درحالی‌ست که حصول بروندادهای فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه با عدم‌قطعیت همراه است (مدرس و حسن‌زاده[1]، ۲۰۰۹) و یکی از مهم‌ترین موضوعات در بودجه‌ریزی بهینه نحوهٔ برخورد با این عدم‌قطعیت است.

رویکردهای مختلفی برای بهینه‌سازی در شرایط عدم قطعیت توسعه پیدا کرده است (آذر و نجفی، ۱۳۹۰). در روش‌های کلاسیک از تحلیل حساسیت استفاده می‌شود. در این رویکرد ابتدا از عدم قطعیت متغیرها یا ضرایب صرف‌نظر می‌شود و جواب محاسبه می‌شود؛ سپس برای تحلیل خوب بودن جواب، متغیرها یا ضرایب در بازهٔ مشخصی تغییر داده می‌شوند؛ اما نمی‌توان برای تولید جواب‌های استوار از آن استفاده کرد (آذر و همکاران، ۱۳۹۲). تئوری مجموعه‌های فازی یکی دیگر از ابزارهای ریاضی برای مدل‌سازی اطلاعات غیردقیق است؛ اما یکی از نقاط ضعف آن این است که در شرایطی که طیفی از مقادیر ممکن برای پارامترها وجود دارد، اما نمی‌توان مطلوب‌ترین مقدار را در هر طیف برآورد کرد، قابل استفاده نخواهد بود؛ برای مثال، ممکن است یک فرد خبره بیان کند که اگر مقدار مشخصی از بودجه به فعالیت تحقیق‌وتوسعه تخصیص یابد، احتمالاً پس از چندسال یک پتنت برای حفاظت از نتایج ثبت شود؛ اما این فرد خبره نمی‌تواند جزئیات مربوط به احتمال دریافت پتنت (اندازهٔ احتمال و توزیع امکان‌پذیری) را ارائه کند (مدرس و حسن‌زاده، ۲۰۰۹). رویکرد دیگری که برای لحاظ کردن عدم قطعیت داده‌ها در مسائل بهینه‌سازی مطرح شده، رویکرد بهینه‌سازی استوار[2] است. این رویکرد، شدنی بودن و بهینگی جواب را تضمین می‌کند (سان و همکاران، ۲۰۱۷) و ماهیت تصادفی پارامترها را بدون هیچ پیش‌فرضی دربارهٔ توزیع آن‌ها در مسأله وارد می‌کند (مدرس و حسن‌زاده، ۲۰۰۹).

۴-۲. تشریح مدل

برای مدل‌سازی عدم‌قطعیت در مدل‌های استوار به دانستن توزیع عدم‌قطعیت و یا وجود خبره، نیازی نیست و تنها کافیست حدود پارامتر غیرقطعی را بدانیم.

- اندیس‌ها

$i \in I = \{1,2,\dots,n\}$: هریک از n دانشگاه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

1. Modarres & Hasanzadeh
2. Robust Optimization

$j \in J = \{1,2,3\}$: گزینهٔ بودجهٔ قابل‌تخصیص را نشان می‌دهد که می‌تواند سه مقدار بگیرد: کمتر از مقدار تخصیص‌یافته سال قبل، به اندازه مقدار تخصیص یافتهٔ سال قبل، بیشتر از مقدار تخصیص‌یافتهٔ سال قبل. به‌عبارت دیگر، هریک از دانشگاه‌های ۱ تا n می‌توانند سه مقدار بودجهٔ تخصیص‌یافته داشته باشند.

- پارامترها

oij: خروجی مورد انتظار تحقیق‌وتوسعه را نشان می‌دهد در شرایطی که مؤسسه iام، بودجه j را دریافت کند.

bij: مقدار بودجه را نشان می‌دهد در شرایطی که گزینّ بودجه jام به مؤسسه iام تخصیص یابد.

B: مجموع کل بودجهٔ قابل تخصیص از سوی دولت به فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه در تعداد n دانشگاه مورد بررسی.

- متغیرها

xij: متغیر تصمیم مدیریتی است که یک متغیر باینری بوده و چنان‌چه گزینهٔ بودجه jام به دانشگاه iام تخصیص داده شود مقدار ۱ و در غیر این‌صورت مقدار ۰ می‌گیرد.

- مدل ریاضی

$$Z^{(O)} = Max \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{t\in T} o_{ijt}\, x_{ijt} \qquad (۱)$$

$$subject\ to \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{t\in T} \quad b_{ijt}\, x_{ijt} \le B_t \qquad (۲)$$

$$\sum_{j\in J} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in I \qquad (۳)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I = \{1,2,3,4,5\},\ \forall j \in J = \{1,2,3\},\ \forall t \in T = \{1,2,3,4,5,6,7\} (۴)$$

که در آن تابع هدف مدل (Z) کل برونداد موردانتظار تحقیق‌وتوسعه از n دانشگاه را ماگزیمم می‌سازد. محدودیت‌های مدل شامل موارد زیر است:

۱) مجموع کل بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه در اختیار در سال t، B_t برای تعداد i دانشگاه است (محدودیت (۲))؛

۲) هر مؤسسه i یکی از ۳ حالت بودجه را دریافت می‌کند (محدودیت (۳))؛

۳) متغیر تصمیم، یک متغیر باینری است (محدودیت (۴)).

اگر فرض کنیم عدم قطعیت در برونداد موردانتظار تحقیق‌وتوسعه در هر سال وجود دارد و به‌عبارت دیگر با این فرض که برونداد مورد انتظار تحقیق‌وتوسعه در دانشگاه‌های مورد بررسی با عدم‌قطعیت همراه هستند، باید مدل پایداری توسعه داده شود تا تخصیص بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه به دانشگاه‌ها به‌شکل بهینه و با درنظر گرفتن چنین عدم قطعیتی در بروندادها انجام شود. به پیروی از رویکردی که «برتسیماس» و «سیم» در سال ۲۰۰۴ توسعه دادند (برتسیماس و سیم[1]، ۲۰۰۴)، فرض می‌شود عدم قطعیت برونداد مورد انتظار برای هر دانشگاه یک مجموعه عدم‌قطعیت از نوع جعبه‌ای باشد. چنین مجموعه‌ای فرض می‌کند که پارامترهای اختصاص داده شده توسط کاربر، می‌تواند به‌صورت تصادفی بین مقدار متوسط $\bar{o}_{ij}$ و مقدار انحراف معیار $\hat{o}_{ij}$ تغییر کند:

$$A = \{o_{ij} \in O | o_{ij} \in [\bar{o}_{ij} - \hat{o}_{ij}, \bar{o}_{ij} + \hat{o}_{ij}]\} \qquad (۵)$$

1. Bertsimas & Sim

تحت این مجموعه عدم قطعیت، مدل پایدار برای تخصیص بهینهٔ بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Z_{(R)}^{(O)} = Max \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} \bar{o}_{ij}\, x_{ij} + P(x, C) \qquad (۶)$$

$$subject\ to \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} b_{ij}\, x_{ij} \le B \qquad (۷)$$

$$\sum_{j\in J} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in I \qquad (۸)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \qquad (۹)$$

$\mathrm{P}(\mathrm{x}, C)$ یک تابع «حفاظت»[1] نامیده می‌شود که کمک می‌کند بدترین سناریوی عدم‌قطعیت در برونداد را درنظر بگیریم. برای کنترل بدترین (بزرگ‌ترین) انحرافی که می‌تواند توسط تابع حفاظت مدنظر قرارگیرد، متغیر s_{ij} را تعریف می‌کنیم؛ بنابراین تابع حفاظت به‌صورت معادلهٔ (۱۰) فرموله می‌شود:

(۱۰)

$$\begin{aligned} &\big(\mathrm{P}(\mathrm{x}, C)\big) \\ &= min \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} \hat{o}_{ij}\, x_{ij}\, s_{ij} \\ &subject\ to \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} |s_{ij}| \le C \\ &|s_{ij}| \le 1 \ \forall i \in I, \qquad \forall j \in J \end{aligned} \quad \Leftrightarrow \quad \begin{aligned} &\big(\mathrm{P}(\mathrm{x}, C)\big) \\ &= -max \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} \hat{o}_{ij}\, x_{ij}\, s_{ij} \\ &subject\ to \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} s_{ij} \le C \\ &0 \le s_{ij} \le 1 \ \forall i \in I, \qquad \forall j \in J \end{aligned}$$

اگر سمت چپ معادلهٔ ۱۰ را ملاک قرار دهیم، مقدار بهینهٔ تابع حفاظت $\mathrm{P}(x, C)$ به ازای مقداری از C به‌دست می‌آید که در آن $s_{ij} = -1$ و سایر مقادیر $s_{ij} = 0$؛ بنابراین می‌توان با تبدیل مدل به مدل ماگزیمم‌سازی (به‌نحوی‌که در سمت راست رابطه دیده می‌شود) مدل را بدون علامت قدرمطلق برای s_{ij} بازنویسی کرد و بدین‌ترتیب آن را به یک مدل خطی، شدنی و کراندار به ازای مقدار ثابتی از x تبدیل نمود.

شاخص ارزیابی هر آزمایش، به‌صورت نرخ بهبود در برونداد تحقیق‌وتوسعه در مقایسه با وضعیت موجود به‌صورت معادله (۱۱) محاسبه می‌شود:

$$r = \frac{Z^* - Z}{Z} \qquad (۱۱)$$

که در آن:

Z: برونداد تحقیق‌وتوسعه از داده‌های واقعی

Z^*: برونداد تحقیق‌وتوسعه از مدل بهینه‌سازی

برای پیاده‌سازی مدل، ۵ دانشگاه صنعتی کشور به‌روش غیرتصادفی انتخاب شده است. برای انتخاب نمونه، دانشگاه‌هایی با مقیاس حتی‌الامکان مشابه و با بیشترین شباهت در جنس فعالیت‌ها و بروندادها انتخاب شده‌اند؛ به‌عبارت دیگر، دانشگاه‌هایی با بودجهٔ سرانهٔ مشابه (نسبت به تعداد اعضای هیأت علمی و دانشجویان تحصیلات

1. Protection Function

تکمیلی که در تولید بروندادها نقش اصلی را دارند) و هم‌چنین رشته‌ها و گرایش‌های مشابه که احتمال مشابهی برای حصول بروندادهایی مانند مقالات داشته باشند.

برای محدودیت بودجه در اختیار از داده‌های اعتبارات بودجه‌ای دانشگاه‌ها استفاده شده است. لازم به توضیح است که برخی اقتصاددانان، بر توجه به هزینهٔ تمام‌شده نتایج یا خروجی‌ها در برآورد و تخصیص بودجه نیز تأکید کرده‌اند. اما در دهه‌های اخیر، ابعاد جدیدی در ارتباط با سرمایه‌گذاری دولت مطرح شده است. در نظریات جدید، اطمینان از تولید ستانده‌های علمی، برای توجیه و تعیین منابع برآورد شده و موردنیاز نظام علم و فناوری کشور کفایت می‌کند (قارون، ۱۳۹۲). مرور مراجعی که مدل‌های بهینه‌سازی تخصیص بودجه را با رویکردهای برنامه‌ریزی خطی توسعه داده‌اند نیز نشان می‌دهد، طراحی مدل‌ها حول شناخت و تعریف کامل متغیرهای ورودی، تابع هدف و محدودیت‌های مسأله انجام شده است نه هزینهٔ تمام شده؛ لذا در این مطالعه به استناد رویکردی که در مطالعات پیشین داخلی و خارجی مسبوق به سابقه بوده، فرض شده است اعتبارات بودجه‌ای تحقیق‌وتوسعه طی یک فرآیند چندبُعدی و غیرقابل تدقیق به ستانده‌های پژوهشی تبدیل می‌شوند.

برای انجام این تحقیق نیاز به داده‌های بودجه و داده‌های مربوط به نتایج فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه در قالب بروندادهای ثبت شده توسط دانشگاه‌ها (تعداد مقالات، تعداد کتاب‌ها، تعداد اختراعات ثبت شده، تعداد پایان‌نامه و رسالهٔ دفاع شده) دانشگاه‌هاست که به‌ترتیب از قوانین بودجهٔ سنواتی و پایگاه دادهٔ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری استخراج می‌شود. در زمان انجام این تحقیق، این داده‌ها برای سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۷ موجود بود و مورد استفاده قرار گرفت. به‌دلیل محدودیت زمانی تحقیق، مدل صرفاً براساس بروندادها[1] طراحی و اجرا شده است. لازم به ذکر است، درحال‌حاضر پایگاه‌های داده، اطلاعات اغلب شاخص‌های مربوط به «خروجی» و «اثرات» را که نیازمند ارزیابی‌ها یا پیمایش‌های دقیق‌تر در طول زمان می‌باشند، به‌طور کامل پوشش نمی‌دهد. در برخی مطالعات پیشین به کمک روش‌هایی نظیر مقایسات زوجی توسط خبرگان و تحلیل سلسله‌مراتبی برای این نتایج، وزن یا ترجیحاتی درنظر گرفته شده است (برای مثال، در: «پورطالعی» و «آتشک» (۱۳۸۹)). اما در این مطالعه همانند بسیاری از مطالعات، شاخص‌های برونداد، هم‌وزن درنظر گرفته شده‌اند.

۵. یافته‌های پژوهش

در جدول ۳، اعتبارات بودجه‌ای تحقیق‌وتوسعه و در جدول ۴، بروندادهای تحقیق‌وتوسعه برای نمونهٔ مورد بررسی ارائه شده است. به کمک ترسیم نمودار، آمار توصیفی روند تغییرات بودجه و بروندادها پیش و پس از بهینه‌سازی استوار در نمودارهای ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۳: بودجهٔ تحقیق‌وتوسعهٔ دانشگاه‌های مورد بررسی[2] (۱۳۹۷-۱۳۹۰) (میلیون ریال)

1. Outputs

۲. تمرکز این مطالعه صرفاً بر بودجه فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه دانشگاه بوده است؛ نه کل اعتبارات دانشگاه و نه بودجهٔ سایر فعالیت‌ها. اسناد بودجه این امکان را فراهم می‌سازند که بتوان این بخش از بودجهٔ دانشگاه را تفکیک کرد؛ البته استخراج بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه فرآیندی پیچیده، زمان‌بر و نیازمند تسلط بر تعاریف و استانداردهای بین‌المللی است؛ به‌نحوی‌که با بررسی صدها ردیف فعالیت مختلف در سند بودجهٔ یک دانشگاه

Tab. 3: The research and development budget of the examined universities (2012-2017)

دانشگاه	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
«۱»	۴۲۸۱۰۳	۴۳۲۴۵۳/۲	۵۶۴۰۵۶/۳
«۲»	۴۳۲۶۰۳	۳۰۱۷۵۰/۵	۴۱۵۰۶۴/۵
«۳»	۱۹۰۹۰۹/۸	۲۰۰۱۳۲/۸	۲۷۵۶۷۷/۷
«۴»	۵۰۶۸۲۴/۱	۶۶۱۸۴۸/۴	۸۵۵۷۸۴/۹
«۵»	۳۳۲۱۹۴/۴	۴۸۱۸۰۲/۴	۵۸۹۳۴۴/۳
دانشگاه	**۱۳۹۴**	**۱۳۹۵**	**۱۳۹۶**
«۱»	۷۲۸۹۹۶/۴	۸۵۲۶۸۰/۲	۱۰۳۲۰۹۴
«۲»	۳۸۸۵۰۹/۵	۷۷۳۵۷۴	۹۶۹۶۳۹/۲
«۳»	۱۰۰۵۸۷۵	۳۸۳۴۱۷/۴	۴۳۹۶۵۰/۶
«۴»	۱۱۲۴۴۷۶	۱۳۷۵۰۱۷	۱۵۶۴۹۸۳
«۵»	۶۱۸۱۰۲	۸۷۴۰۶۱	۱۰۱۸۱۲۵

(مأخذ داده‌ها: قوانین بودجه سنواتی).

جدول ۴: بروندادهای تحقیق‌وتوسعهٔ دانشگاه‌های مورد بررسی (۱۳۹۲-۱۳۹۷)

Tab. 4: Research and development outputs of the examined universities (2013-2018)

دانشگاه	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷
«۱»	۸۸۹۲	۹۹۴۳	۹۲۶۲	۸۴۸۹	۸۰۱۹	۷۳۸۳
«۲»	۵۱۹۰	۵۷۰۴	۵۳۳۳	۵۶۹۲	۵۳۲۰	۵۳۱۶
«۳»	۳۷۹۰	۳۷۱۹	۳۶۸۸	۳۵۹۰	۳۷۰۳	۳۵۶۲
«۴»	۵۷۷۲	۵۶۴۳	۵۴۶۷	۵۵۷۶	۵۳۶۶	۵۲۰۳
«۵»	۵۳۷۰	۵۸۱۰	۵۸۴۹	۵۸۶۹	۵۸۷۳	۶۰۰۶

(مأخذ داده‌ها: سامانهٔ عملکردی دانشگاه‌های وزارت علوم).

طراحی آزمایش‌ها در دو فاز انجام شده است. در فاز اول، بدون درنظر گرفتن عدم قطعیت در بروندادهای تحقیق‌وتوسعهٔ دانشگاه‌ها، تخصیص بهینهٔ بودجهٔ تحت سه آلترناتیو برای هر دانشگاه تعیین می‌شود. مطابق مدل توسعه‌یافته در این مطالعه، سه آلترناتیو برای بودجهٔ تحقیق‌وتوسعهٔ هر دانشگاه در هر سال وجود دارد که به‌ترتیب به‌صورت «کاهش‌یافته نسبت به سال قبل»، «بدون تغییر نسبت به سال قبل»، و «افزایش‌یافته نسبت به سال قبل» درنظر گرفته می‌شود. مقدار کاهش یا افزایش به اندازهٔ متوسط درصد افزایش یا کاهش بودجه در سال‌های مورد بررسی (یعنی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۷) فرض می‌شود. آلترناتیوهای بودجه‌ای هر دانشگاه نیز در جدول ۵، ارائه شده است. هم‌چنین، یک فاصلهٔ یک‌ساله بین درونداد و برونداد تحقیق‌وتوسعه درنظر گرفته شده است؛ به‌عبارت دیگر، برونداد سال tام برای دانشگاه i، ما به ازای درونداد سال t-1 برای آن دانشگاه است. با تغییر پارامترهای مدل با

به‌روش سرشماری، بتوان آن را احصا کرد. در این پژوهش از ذکر جزئیات پرهیز شده، اما در طرح پژوهشی که مشخصات آن در بخش تقدیر و تشکر پژوهش درج شده، اطلاعات بیشتر ارائه شده است.

توجه به جدول ۶، طرح بهینهٔ تخصیص بودجه در حالت غیراستوار (Z^O) و استوار (Z_R^O) محاسبه می‌شود (۱۲ حالت).

جدول ۵: آلترناتیوهای بودجهٔ تحقیق‌وتوسعهٔ دانشگاه‌های مورد بررسی (۱۳۹۰-۱۳۹۷) (میلیون ریال) (با درنظر گرفتن یک سال تأخیر زمانی بین تخصیص بودجه و برونداد)

Tab. 5: Alternatives of the research and development budget of the studied universities (2012-2017) (million Rials) (taking into account a one-year time delay between budget allocation and output)

دانشگاه	۱۳۹۱			۱۳۹۲		
i \ j	آلترناتیو ۱: کاهش	آلترناتیو ۲: بدون تغییر	آلترناتیو ۳: افزایش	آلترناتیو ۱: کاهش	آلترناتیو ۲: بدون تغییر	آلترناتیو ۳: افزایش
«۱»	۲۶۱۶۹۴/۵	۳۲۷۱۱۸/۱	۳۹۲۵۴۱/۷	۳۴۲۴۸۲/۴	۴۲۸۱۰۳	۵۱۳۷۲۳/۶
«۲»	۱۶۷۴۹۲/۵	۲۴۲۷۴۲/۷	۳۱۷۹۹۲/۹	۲۹۸۴۹۶/۱	۴۳۲۶۰۳	۵۶۶۷۰۹/۹
«۳»	۷۶۴۴۶/۹۸	۱۳۸۹۹۴/۵	۲۰۱۵۴۲	۱۰۵۰۰۰/۴	۱۹۰۹۰۹/۸	۲۷۶۸۱۹/۲
«۴»	۲۹۰۶۸۰/۴	۳۹۸۱۹۲/۳	۵۰۵۷۰۴/۲	۳۶۹۹۸۱/۶	۵۰۶۸۲۴/۱	۶۴۳۶۶۶/۶
«۵»	۱۵۷۲۵۹/۵	۲۱۸۴۱۶	۲۷۹۵۷۲/۵	۲۳۹۱۸۰	۳۳۲۱۹۴/۴	۴۲۵۲۰۸/۸
دانشگاه	۱۳۹۳			۱۳۹۴		
i \ j	آلترناتیو ۱: کاهش	آلترناتیو ۲: بدون تغییر	آلترناتیو ۳: افزایش	آلترناتیو ۱: کاهش	آلترناتیو ۲: بدون تغییر	آلترناتیو ۳: افزایش
«۱»	۳۴۵۹۶۲/۶	۴۳۲۴۵۳/۲	۵۱۸۹۴۳/۸	۴۵۱۲۴۵	۵۶۴۰۵۶/۳	۶۷۶۸۶۷/۶
«۲»	۲۰۸۲۰۷/۸	۳۰۱۷۵۰/۵	۳۹۵۲۹۳/۲	۲۸۶۳۹۴/۵	۳۱۷۹۹۲/۹	۳۱۷۹۹۲/۹
«۳»	۱۱۰۰۷۳	۲۰۰۱۳۲/۸	۲۹۰۱۹۲/۶	۱۵۱۶۲۲/۷	۲۷۵۶۷۷/۷	۳۹۹۷۳۲/۷
«۴»	۴۸۳۱۴۹/۳	۶۶۱۸۴۸/۴	۸۴۰۵۴۷/۵	۶۲۴۷۲۳	۸۵۵۷۸۴/۹	۱۰۸۶۸۴۷
«۵»	۳۴۶۸۹۷/۷	۴۸۱۸۰۲/۴	۶۱۶۷۰۷/۱	۴۲۴۳۲۷/۹	۵۸۹۳۴۴/۳	۷۵۴۳۶۰/۷
دانشگاه	۱۳۹۵			۱۳۹۶		
i \ j	آلترناتیو ۱: کاهش	آلترناتیو ۲: بدون تغییر	آلترناتیو ۳: افزایش	آلترناتیو ۱: کاهش	آلترناتیو ۲: بدون تغییر	آلترناتیو ۳: افزایش
«۱»	۵۸۳۱۹۷/۱	۷۲۸۹۹۶/۴	۸۷۴۷۹۵/۷	۶۸۲۱۴۴/۲	۸۵۲۶۸۰/۲	۱۰۲۳۲۱۶
«۲»	۲۶۸۰۷۱/۶	۳۸۸۵۰۹/۵	۵۰۸۹۴۷/۴	۵۳۳۷۶۶/۱	۷۷۳۵۷۴	۱۰۱۳۳۸۲
«۳»	۵۵۳۲۳۱/۳	۱۰۰۵۸۷۵	۱۴۵۸۵۱۹	۲۱۰۸۷۹/۶	۳۸۳۴۱۷/۴	۵۵۵۹۵۵/۲
«۴»	۸۲۰۸۶۷/۵	۱۱۲۴۴۷۶	۱۴۲۸۰۸۵	۱۰۰۳۷۶۲	۱۳۷۵۰۱۷	۱۷۴۶۲۷۲
«۵»	۴۴۵۰۳۳/۴	۶۱۸۱۰۲	۷۹۱۱۷۰/۶	۶۲۹۳۲۳/۹	۸۷۴۰۶۱	۱۱۱۸۷۹۸

جدول ۶: مقادیر و دامنهٔ تغییر پارامترهای مدل برای انجام آزمایش‌ها

Tab. 6: Values and range of model parameter changes for experiments

Sij	پارامتر کنترل هزینهٔ استواری	S_{ij}=۰/۱ S_{ij}=۰/۵ S_{ij}=۰/۹
$\hat{o}_{ij}$	میزان انحراف از مقدار متوسط $\bar{o}_{ij}$ متوسط خروجی قطعی مورد انتظار تحقیق‌وتوسعه را نشان می‌دهد در شرایطی که مؤسسه i، بودجه j را دریافت کند. این پارامتر برای کنترل عدم قطعیت در بروندادها بین مقادیر روبه‌رو نوسان می‌کند.	$\hat{o}_{ij} = ۰/۰۵ * o_{ij}$ $\hat{o}_{ij} = ۰/۱ * o_{ij}$ $\hat{o}_{ij} = ۰/۱۵ * o_{ij}$ $\hat{o}_{ij} = ۰/۲ * o_{ij}$

هم‌چنین همان‌طورکه پیش‌تر اشاره شد، سه آلترناتیو بودجه‌ای برای هر دانشگاه درنظر گرفته می‌شود. با این فرض که مقدار تغییر بودجه از متوسط تغییرات در بازهٔ مورد بررسی پیروی کند درصد تغییر در بودجه ۰ ٪ و m٪± خواهد بود که m برابر است با متوسط نوسان بودجهٔ هر دانشگاه در بازهٔ زمانی مورد بررسی. کدنویسی مدل بهینه‌سازی نیز با زبان برنامه‌نویسی پایتون انجام و برای اجرا و انجام محاسبات از فضای تحت وب ژوپیتر نوت‌بوک استفاده شده است. سایر مشخصات محیط محاسبه عبارتنداز: ویندوز ۱۰، پردازندهٔ Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.71 GHz و RAM 8.00 GB. با توجه به ابعاد مسأله، هر دور از حالت‌های محاسبهٔ ظرف ۱-۲ دقیقه انجام شده است.

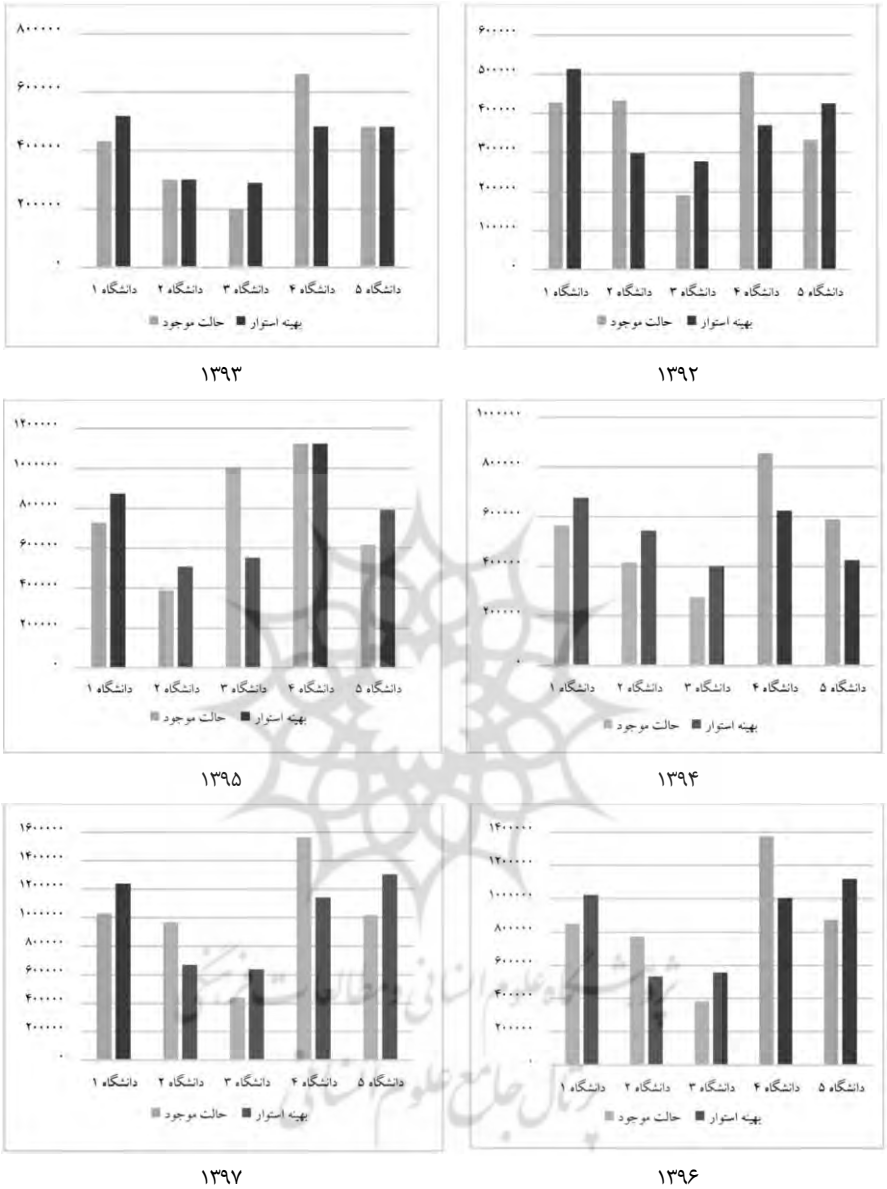
۱-۵. تغییرات بودجه‌ای دانشگاه‌ها در حالت بهینهٔ استوار نسبت به وضع موجود

در نمودار ۱ نشان‌داده شده است که در شرایط بهینه، مقادیر بودجهٔ تخصیص‌یافته به هر دانشگاه چه مقدار با مقدار فعلی تخصیص تفاوت دارد. مقدار بهینهٔ بودجه ممکن است بیشتر یا کمتر از مقدار فعلی یا برابر با مقدار فعلی باشد.

در نمودار ۲ نیز برونداد، بودجهٔ فعلی و بودجهٔ بهینهٔ استوار سالانه برای هر دانشگاه با هم مقایسه شده است. مشاهده می‌شود:

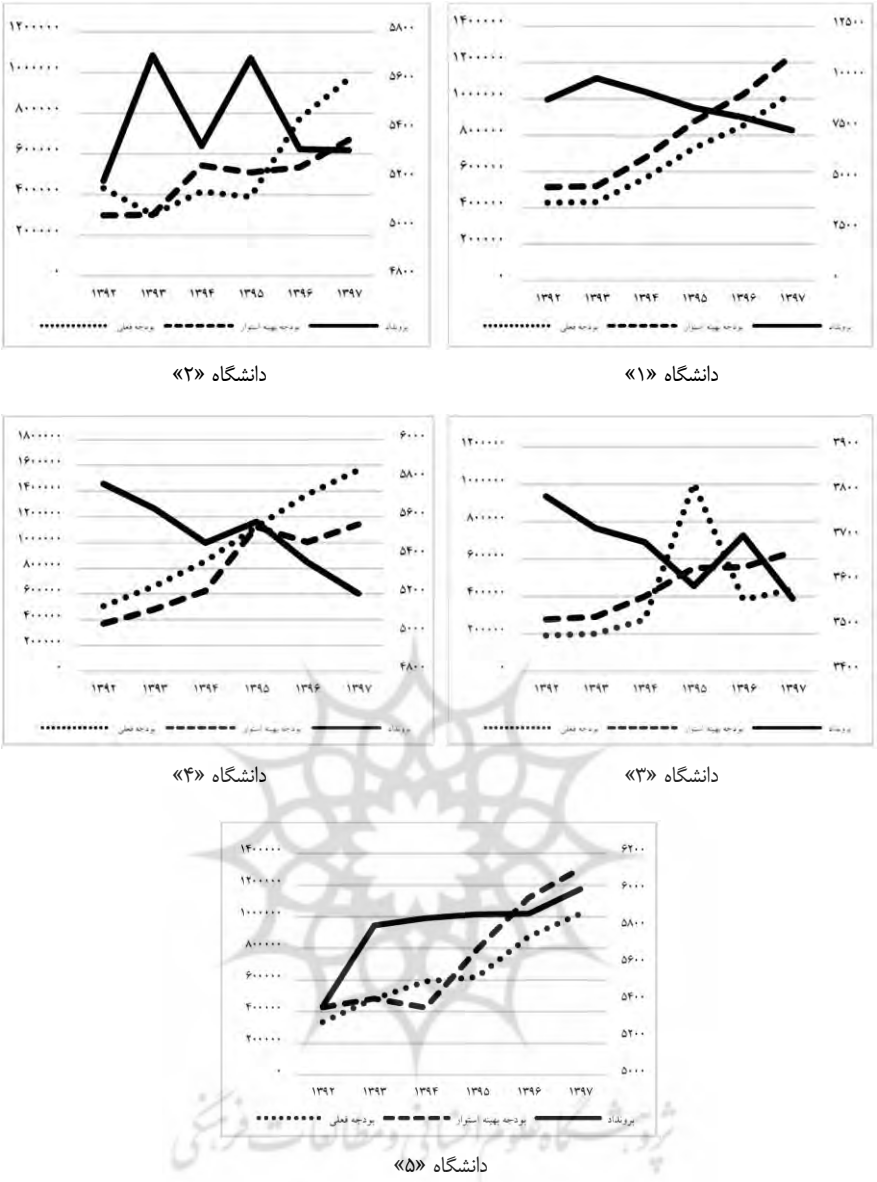
- بودجهٔ محاسبه شده به‌روش بهینهٔ استوار روندی منطقی و متناسب با برونداد دانشگاه دارد. منظور از تناسب، افزایش بودجه به ازای افزایش برونداد نیست؛ بلکه منظور طی کردن روندی منطقی و قابل‌تفسیر با توجه به روند برونداد دانشگاه است.
- بودجهٔ محاسبه شده به‌روش بهینهٔ استوار، افزایش یا کاهش‌های ناگهانی را تجربه نکرده است.
- در صورت افزایش برونداد یا ثابت ماندن آن، مدل به‌صورت منطقی بودجه را افزایش داده است.
- در هیچ‌یک از نمودارها کاهش بودجه در صورت کاهش برونداد مشاهده نمی‌شود؛ به‌عبارت دیگر، در صورت کاهش برونداد، بودجهٔ بهینهٔ استوار (به عنوان مهم‌ترین درونداد فعالیت تحقیق‌وتوسعه) از کاهش بیشتر مصون مانده است.

مدل بهینهٔ استوار کل بودجه در اختیار را به‌نحوی توزیع می‌کند که درمجموع عملکرد بیشینه در سقف بودجه در اختیار حاصل شود.



نمودار ۱: مقایسهٔ مقادیر بودجهٔ تخصیص‌یافته به هر دانشگاه در شرایط بهینهٔ استوار با وضعیت موجود (به میلیون ریال)، (منبع: یافته‌های پژوهش).

Diag. 1: Comparison of the amounts of the budget allocated to each university under robust and optimal conditions with the current situation (in millions of Rials), (Source: research findings)



نمودار ۲: مقایسهٔ برونداد، بودجهٔ فعلی و بودجهٔ بهینهٔ استوار سالانه به تفکیک هر دانشگاه (به میلیون ریال) **(منبع: یافته‌های پژوهش).**

Diag. 2: Comparison of the output, the current budget and the optimal stable annual budget separately for each university (in millions of Rials)

۲-۵. برونداد‌ها و سرجمع بودجهٔ سالانهٔ موردنیاز تحقیق‌وتوسعه برای دانشگاه‌ها

در جدول ۷، تابع هدف (برونداد‌ها) و بودجهٔ سالانه موردنیاز تحقیق‌وتوسعه در وضعیت موجود (Z، B)، در حالت بهینه بدون درنظر گرفتن عدم‌قطعیت برونداد (Z^O، B^O) و در حالت بهینهٔ استوار، یعنی با درنظر گرفتن عدم‌قطعیت برونداد‌ها (Z^{OR}، B^{OR}) و شاخص نرخ بهبود برونداد تحقیق‌وتوسعه در صورت تخصیص بهینهٔ بودجه (r^O) ارائه شده است.

در شکل ۴، تابع هدف ماگزیمم‌سازی تعداد برونداد تحقیق‌وتوسعه در حالت موجود (Z)، بهینه (ZO)، بهترین سناریوی بهینهٔ استوار (ZOR) و میانگین سناریوهای بهینهٔ استوار (ZOR mean) با هم مقایسه شده است.

مشاهده می‌شود تابع هدف، یعنی سرجمع برونداد تحقیق‌وتوسعهٔ دانشگاه‌های مورد بررسی در وضع موجود (Z، که با نقطه‌چین نشان داده شده ...) و در بازهٔ زمانی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۷، سیری نزولی داشته است. بخش مهمی از این کاهش مربوط به کاهش پایان‌نامه‌های ارشد و دکتری دفاع‌شده طی سال‌های مورد بررسی است که شناسایی دلایل آن خارج از محدودهٔ پژوهش حاضر است. مقدار تابع هدف بهینه (ZO، که با خط نقطه نشان داده شده ـ . ـ . ـ .) نیز از روندی مشابه تابع هدف Z پیروی می‌کند، اما مقدار مطلق ZO در هر سال از مقدار مطلق Z بیشتر است که نشان می‌دهد درصورت تخصیص بهینهٔ بودجه موجود، می‌توان سرجمع عملکرد بهتری از ۵ دانشگاه مورد بررسی به‌دست آورد.

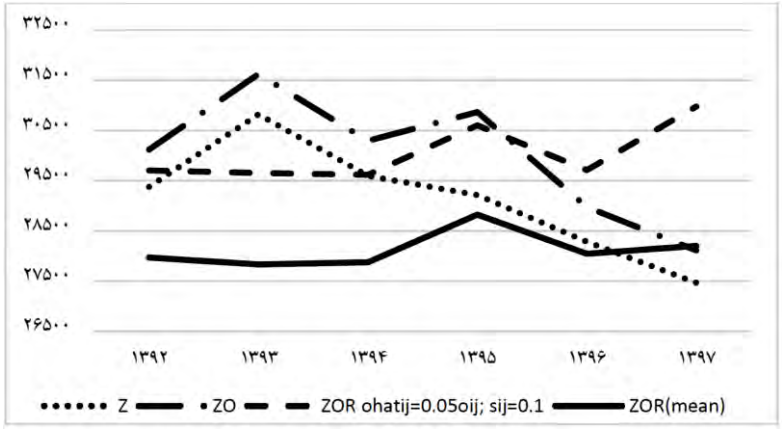
مقدار تابع هدف بهترین سناریوی بهینهٔ استوار (Z^{OR}، که با خطچین نشان داده شده است – – –) روندی صعودی نشان می‌دهد و مقدار مطلق تابع هدف بهینهٔ استوار نیز از سال ۱۳۹۴ به‌بعد از تابع هدف موجود و از ۱۳۹۵ به‌بعد از هر دو تابع هدف موجود و بهینهٔ غیراستوار، بیشتر بوده است. میانگین مقادیر تابع هدف بهینهٔ استوار به ازای سناریوهای مختلف پارامترهای مدل نیز به‌لحاظ قدر مطلق از سه حالت قبلی کمتر است (که به‌خاطر درنظر گرفتن هزینهٔ استواری مدل، دور از انتظار نیست) اما روند آن غیرنزولی است و عدم نوسان و تغییرات شدید در سال‌های متوالی نیز استواری جواب را به‌خوبی نشان می‌دهد. این یافتهٔ مهم را می‌توان بدین‌صورت تعبیر کرد که در صورتی‌که عدم‌قطعیت بروندادهای تحقیق‌وتوسعه در قالب پارامترهای مختلف مدل لحاظ شود، ضمن این‌که نیازی به افزایش کل بودجهٔ تخصیص‌یافته وجود ندارد، در طول زمان نیز می‌توان انتظار سرجمع عملکردی بهتری داشت.

جدول ۷: مقادیر تابع هدف (بروندادها) و بودجهٔ سالانهٔ موردنیاز تحقیق‌وتوسعه

Tab 7: Values of the objective function (outputs) and the required annual budget for research and development

	Z	B (میلیون ریال)	Z^{O}	B^{O} (میلیون ریال)	Z^{OR}	B^{OR} (میلیون ریال)	r^{O}
۱۳۹۲	۲۹۳۷۴	۱۸۹۰۶۳۴	۳۰۱۱۹	۱۸۸۴۲۲۹	۲۹۷۰۲	۱۸۸۴۲۲۹	۰/۰۲۵۳۶۳
۱۳۹۳	۳۰۸۱۹	۲۰۷۷۹۸۷	۳۱۶۲۱	۲۰۷۵۸۳۸	۲۹۶۵۲	۲۰۷۵۸۳۸	۰/۰۲۶۰۲۳
۱۳۹۴	۲۹۵۹۹	۲۶۹۹۹۲۸	۳۰۲۹۶	۲۶۶۹۳۸۶	۲۹۶۱۶	۲۶۶۹۳۸۶	۰/۰۲۳۵۴۸
۱۳۹۵	۲۹۲۱۶	۳۸۶۵۹۵۹	۳۰۸۶۲	۳۸۵۲۶۲۱	۳۰۶۰۰	۳۸۵۲۶۲۱	۰/۰۵۶۳۳۹
۱۳۹۷	۲۸۲۸۱	۴۲۵۸۷۵۰	۲۸۹۷۲	۴۲۳۵۴۹۸	۲۹۷۰۸	۴۲۳۵۴۹۸	۰/۰۲۴۴۳۳
۱۳۹۸	۲۷۴۷۰	۵۰۲۴۴۹۲	۲۸۱۱۳	۴۹۹۰۶۹۵	۳۰۹۷۵	۴۹۹۰۶۹۵	۰/۰۲۳۴۰۷

(منبع: یافته‌های پژوهش).



نمودار ۳: مقایسه تابع هدف ماکزیمم‌سازی تعداد برونداد تحقیق‌وتوسعه در حالت موجود (Z)، بهینه (ZO)، بهترین سناریوی استوار (ZOR) و میانگین سناریوهای استوار (ZOR mean)، (منبع: یافته‌های پژوهش).

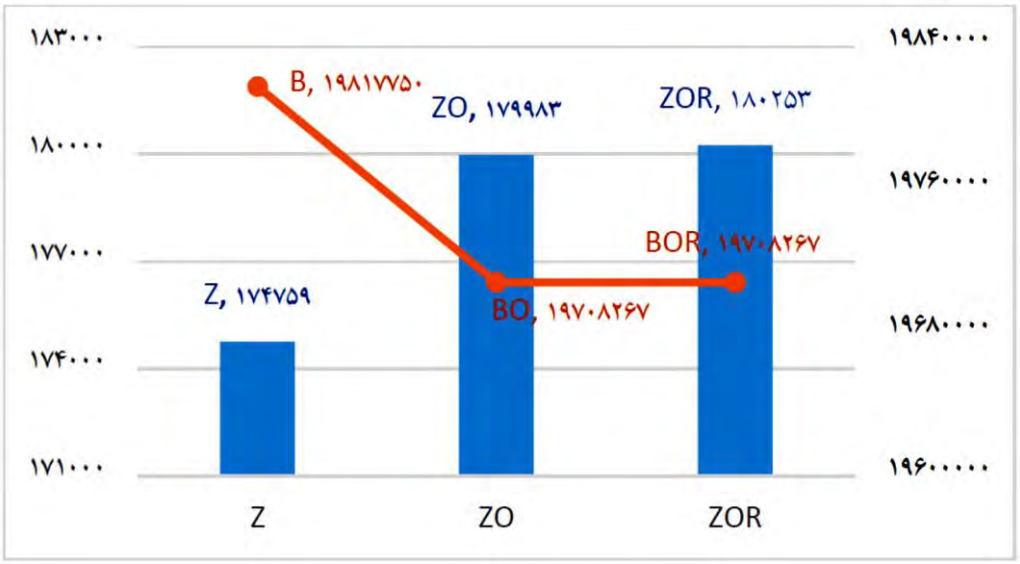
Diag 3: Comparison of the objective function of maximizing the number of research and development outputs in the existing state (Z), optimal (ZO), the best robust scenario (ZOR) and the average of robust scenarios (ZOR mean), (source: research findings).

۵-۳. نتایج بهینه‌سازی استوار به ازای سناریوهای مختلف پارامترهای مدل

مطابق مدل ارائه شده، نتایج مختلف بهینه‌سازی استوار به ازای ۱۲ حالت تغییر در دو پارامتر، یعنی پارامتر کنترل هزینهٔ استواری مدل (s_{ij}) و میزان انحراف از مقدار متوسط $\bar{o}_{ij}$ برونداد قطعی موردانتظار تحقیق‌وتوسعه ($\hat{o}_{ij}$) محاسبه گردید. به‌طورکلی و مطابق انتظار، هرچه میزان انحراف از مقدار متوسط برونداد قطعی تحقیق‌وتوسعه کمتر باشد و هزینه‌ای که برای استواری جواب درنظر گرفته می‌شود نیز کمتر باشد، تابع هدف بهینهٔ استوار مقدار بیشتری را به‌دست می‌دهد.

۵-۴. تحلیل کلی یافته‌ها

وضعیت بهبود برونداد و میزان صرفه‌جویی در بودجهٔ تخصیص‌یافته در صورت بهینه‌سازی تخصیص بودجه در بازهٔ زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۷ برای ۵ دانشگاه مورد بررسی در نمودار ۵ نشان داده شده است.



نمودار ۵: مقایسهٔ سرجمع افزایش برونداد تحقیق‌وتوسعه و صرفه‌جویی در بودجهٔ تخصیص یافته در صورت استفاده از تخصیص بودجهٔ بهینهٔ استوار برای ۵ دانشگاه مورد بررسی (منبع: یافته‌های پژوهش).

Diag 5. comparison of the overall increase in research and development output and savings in the allocated budget in the case of using the stable optimal budget allocation for the 5 investigated universities (source: research findings).

۶. نتیجه‌گیری

با توجه به تشدید محدودیت‌های مالی، موضوع بودجه‌ریزی مبتنی‌بر عملکرد درمورد دانشگاه‌ها اهمیت یافته است. چندسالی است و به‌خصوص پس از تکلیف بند «پ» مادهٔ ۷ برنامهٔ ششم توسعه به بودجه‌ریزی مبتنی‌بر عملکرد[۱]، در قوانین بودجهٔ سنواتی به شاخص‌های عملکردی دستگاه‌های اجرایی اشاره می‌شود. مراجعه به این جداول نشان می‌دهد که سنجهٔ عملکرد برنامه‌های تحقیق‌وتوسعه، «پروژه» است و «انجام پروژه» به‌معنای حصول عملکرد است؛ درصورتی‌که با توجه به انواع برونداد‌های تحقیق‌وتوسعه، می‌توان شاخص‌های دقیق‌تری را تعریف کرد.

در این مطالعه، تلاش شد یک مدل بهینه‌سازی استوار با تابع هدف بیشینه‌سازی برونداد تحقیق‌وتوسعه، برای تخصیص بهینهٔ بودجهٔ فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه به دانشگاه‌ها طراحی شود. این مدل روی نمونه‌ای متشکل از ۵ دانشگاه صنعتی با مقیاس مشابه و قابل‌مقایسه پیاده شد تا قابلیت کاربرد و معناداری نتایج آن مورد آزمون قرار گیرد. دلیل استفاده از بهینه‌سازی استوار آن بود که عدم‌قطعیت در حصول برونداد‌های تحقیق‌وتوسعه یکی از فروض اصلی پژوهش بود. محدودیت اصلی تحقیق نیز، سقف کل بودجهٔ قابل توزیع بین دانشگاه‌های نمونه بود. تابع حفاظت مدل نیز که برای استواری جواب بهینه به تابع هدف اضافه گردید به دو پارامتر وابسته بود؛ پارامتر کنترل عدم‌قطعیت در برونداد و پارامتر کنترل هزینهٔ استواری. به ازای مقادیر مختلف قابل‌قبول ازنظر

۱. پ- دولت موظف است از سال اول اجرای قانون برنامه، سالانهٔ اعتبارات بیست‌درصد (۲۰٪) دستگاه‌های اجرایی مندرج در قوانین بودجهٔ سنواتی را به‌صورت بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد تنظیم نماید، به‌نحوی‌که در سال پایانی اجرای قانون برنامه، صددرصد (۱۰۰٪) دستگاه‌ها، دارای بودجه مبتنی‌بر عملکرد باشند.

سیاست‌گذار برای هزینهٔ استواری، مدل توسعه داده شده می‌تواند تخصیص بهینهٔ بودجه بین دانشگاه‌ها را محاسبه کند.

بررسی کلی داده‌ها نشان‌داد که سرجمع برونداد دانشگاه‌های موردمطالعه طی بازهٔ زمانی شش‌ساله (۱۳۹۲-۱۳۹۷) روندی کاهش داشته، درحالی‌که سرجمع بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه افزایش داشته است؛ بنابراین حتی در بهترین حالت نیز نمی‌توان نتیجه گرفت که این افزایش بودجه صرفاً افزایش تورمی بوده است؛ چراکه اگر افزایش جذب اعضای هیأت علمی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی و پسادکتری نیز درنظر گرفته شود، حداقل انتظار می‌رفت بروندادها ثابت باقی بمانند. اعتبارات تحقیق‌وتوسعهٔ دانشگاه‌ها نیز در سال‌های مورد بررسی افزایش یا کاهش‌های بعضاً شدیدی را تجربه کرده است. بررسی برونداد دانشگاه‌ها نشان می‌دهد که ارتباط مشخصی با رشد یا کاهش بودجه این دانشگاه‌ها وجود ندارد.

مشابه مطالعات پیشین خارجی و داخلی (نظیر ژانگ (۲۰۱۹)؛ آذر و همکاران (۱۳۹۳)) تخصیص بودجه به روش استوار موجب بهبود هم‌زمان بروندادهای فعالیت‌های تحقیق و توسعه و کاهش بودجهٔ موردنیاز شده است. به‌طور مشخص در این تحقیق، پیاده‌سازی مدل بهینهٔ استوار در همین بازهٔ زمانی موجب افزایش برونداد از ۲ تا ۶ ٪ و صرفه‌جویی در بودجهٔ تخصیص‌یافته از ۰/۱ تا ۱/۱٪ (بیش از ۱۰۰ میلیارد ریال) شده است. لازم به ذکر است، این مقادیر بهبودهای حاصل از بهینه‌سازی استوار تخصیص بودجه تنها برای پنج دانشگاه و شش سال متوالی است. می‌توان انتظار داشت پیاده‌سازی مدل در ابعاد بزرگ‌تر و برای تعداد بیشتری از دانشگاه‌ها در بازهٔ طولانی‌تر، صرفه‌جویی بیشتری در بودجهٔ تخصیص‌یافته و افزایش برونداد حاصله ایجاد کند.

سایر نتایج تحقیق به‌شرح زیر است:

- ضرورت شفاف‌سازی و دقیق‌تر شدن ردیف‌های بودجهٔ تحقیق‌وتوسعه و تفکیک و جداسازی فعالیت‌های غیرپژوهشی از ذیل فعالیت‌های پژوهشی وجود دارد. در شکل فعلی، احصای بودجهٔ تحقیق‌وتوسعهٔ دانشگاه‌ها به دشواری قابل انجام است.
- ضرورت استقرار و به‌روزرسانی دقیق و مستمر پایگاه داده‌های عملکردی دانشگاه‌ها وجود دارد. بهتر است داده‌های عملکردی مربوط به شاخص بهره‌وری (نظیر تعداد مقاله و پتنت به ازای هر پژوهشگر یا تعداد ارجاعات به ازای هر مقاله) نیز محاسبه و نگه‌داری شوند.
- تدقیق سنجه‌های عملکردی در برنامه‌های تحقیق‌وتوسعهٔ مندرج در قوانین بودجهٔ سنواتی ضروریست. درحال‌حاضر سنجهٔ عملکردی برنامه‌ها، «پروژه» است که تشخیص درستی از برونداد برنامه‌ها به‌دست نمی‌دهد؛ درحالی‌که می‌توان بروندادهای دقیق‌تری مانند تعداد مقالات، پتنت‌ها، درآمد حاصل از پروانهٔ بهره‌برداری از اختراعات، ... تعریف کرد.
- تخمین دقیق منابع تخصیص‌یافته به تحقیق‌وتوسعه (بودجه، زمان و تعداد پژوهشگران) آسان نیست. استقرار نظام‌های ثبت دقیق فعالیت‌های پژوهشی در دانشگاه‌ها می‌تواند به رفع این مشکل کمک کند.
- برخی مطالعات دربارهٔ وابستگی بروندادهای علمی به عواملی نظیر اندازه و ماهیت برنامه‌ها (پروژه‌ها) (ملی یا بین‌المللی، همکارانه یا غیرهمکارانه)، جنسیت پژوهشگران و... بحث کرده‌اند. لحاظ کردن این عوامل در

تخمین دقیق‌تر بودجه محاسبه شده توسط مدل بهینه‌سازی نیز می‌تواند موردتوجه برنامه‌ریزان و طراحان بودجه باشد و به‌عنوان پیشنهادی برای مطالعات آتی مطرح می‌شود.

در حالت واقع‌بینانه، داده‌های مورداستفاده در این پژوهش باید ترکیبی از داده‌های کمّی و کیفی (برای مثال، نظرات مشورتی خبرگان) باشد که به‌روش منظم طی چندین سال گردآوری شده باشند. نرمال‌سازی درونداد (اعتبارات تحقیق و توسعه) و بروندادها بر حسب تعداد اعضای هیأت علمی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی و پژوهشگران درگیر در فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه نیز می‌تواند به دقیق‌تر شدن نتایج کمک کند. در این تحقیق و به‌دلیل عدم دسترسی به اطلاعات، برای بروندادهای مختلف تحقیق‌وتوسعه شامل: مقالات، کتاب‌ها، اختراعات و پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی، ضریب وزنی درنظر گرفته نشده است. با توجه به این‌که مطالعات جدیدتر نشان می‌دهد اهمیت برخی از بروندادها به‌عنوان برونداد فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعهٔ دانشگاهی رو به کاهش است (نظیر پتنت‌ها) و در عوض اهمیت شاخص‌های دیگری (نظیر میزان گرنت جذب شده از صنعت یا تعداد شرکت‌های انشعابی دانشگاهی و قراردادهای پژوهشی با خارج دانشگاه) افزایش یافته است، تعیین دقیق ضریب یا وزن مناسب برای بروندادهای مختلف می‌تواند به نتایج دقیق‌تری بیانجامد؛ لذا بررسی وابستگی شاخص‌های برونداد تحقیق‌وتوسعه یا اوزان آن‌ها نسبت به یکدیگر نیز در برآورد بودجهٔ بهینهٔ موردنیاز برای دانشگاه‌ها یکی از موضوعات پیشنهادی برای مطالعات بیشتر در آینده است.

همواره بین تخصیص بودجه تحقیق‌وتوسعه و حصول برونداد، تأخیر زمانی وجود دارد که در این تحقیق، یک سال درنظر گرفته شد. هم‌چنین، یک نقطهٔ اشباع برای تخصیص بودجهٔ بیشتر به فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه وجود دارد؛ به این معنی که افزایش این بودجه از نقطه‌ای به‌بعد به الزاماً به افزایش برونداد تحقیق‌وتوسعه نمی‌انجامد. یافتن برآورد دقیق‌تری از تأخیر زمانی حصول بروندادهای مختلف و یافتن نقطهٔ اشباع و لحاظ کردن آن در مدل‌های تخصیص بهینهٔ بودجه از محورهای مطالعات حوزهٔ بودجه‌ریزی در آینده است.

تفکیک بروندادها، به عنوان مثال براساس دانشکده‌ها یا مراکز پژوهشی وابسته یا پارک‌های وابسته و... دانشگاه‌ها و توجه به بروندادهایی نظیر: اشتغال، فروش، صادرات و... درمورد پارک‌های علم و فناوری نیز می‌تواند برای تدقیق خروجی‌های مدل و تخصیص بودجه در سطح زیربخش‌ها انجام شود. بدین‌منظور، تقویت پایگاه‌های اطلاعاتی برای گردآوری و گزارش‌دهی اطلاعات عملکردی به تفکیک زیربخش‌های مختلف ضروری‌ست.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور برای تأمین بخشی از اعتبار انجام این پژوهش ذیل قرارداد شمارهٔ ۱۰۳/ص/۱۴۰۰ اعلام می‌دارند.

کتابنامه

- Abbassi, M.; Ashrafi, M. & Sharifi Tashnizi, E., (2014). "Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: A Cross-Entropy based methodology". *Technovation*, 34(1): 54-63. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.09.001.

- Agasisti, T.; Catalano G.; Landoni, P. & Verganti, R., (2012). "Evaluating the performance of academic departments: an analysis of research-related output efficiency". *Research Evaluation*, 21: 2–14, doi:10.1093/reseval/rvr001.

- Alizadeh, P. & Ghazinoori, S., (2015). "The foundations of measuring research and development costs with an emphasis on considerations and points of measurement in Iran". *National Research Institute for Scince Policy*, Tehran, Iran.

- Alizadeh, P.; Fasihi, M. A.; Khormandania, S. & Shojaei, M. H., (2019). "A research plan to compile a framework for defining research and development credits in the annual budget of the whole country". *Report of Research Project, Institute of Technology Studies*, Tehran, Iran.

- Alizadeh, P.; Ghazinoory, S.; Amiri, M. & Ghazinoori, S., (2018). "Designing a Policy Mix to Enhance the Business Expenditure on Research and Development (R&D) in Iran". *Journal of Improvement Management*, 12 (3): 1-24. (In Persian).

- Alizadeh, P. & Manteghi, M., (2019). "Policies for Supporting R&D in the Business Sector". *Journal of Science and Technology Policy*, 12(2): 363-378. (In Persian).

- Alizadeh, P., (1390). "Policies to promote research and development and innovation (2): research and technology organizations". *Majlis Research Center*, Policy Report, serial number: 12207.

- Alizadeh, P., (2010). "Science and Technology Assessment (1): Science and Technology Assessment System in Iran". *Majlis Research Center*, Policy Report, serial number: 10450.

- Azar, A.; Amini, M. R. & Ahmadi, P., (2013). "Robust Fuzzy Performance based budgeting model an approach to managing the budget allocation risk - Case Study: Tarbiat Modares University". *Management Research in Iran*, 17(4): 65-95. (In Persian).

- Azar, A.; Amini, M. R. & Ahmadi, P., (2014). "Performance-Based Budgeting Model: A Robust Optimization Approach Case Study of Tarbiat Modares University". *Planning and Budgeting*, 19(1): 53-84. (In Persian).

- Azar, A. & Najafi, S., (2011). "Mathematical model of budgeting in the public sector: robust optimization approach". *Public Administration Perspective*, 2(2): 83-98 (In Persian).

- Bai, Y.; Song, S.; Jiao, J. & Yang, R., (2019). "The impacts of government R&D subsidies on green innovation: Evidence from Chinese energy-intensive firms". *Journal of Cleaner Production*, 233: 819-829.

- Barrio-García, S. D. A.; Kamakura, W. & Luque-Martínez, T., (2019). "A Longitudinal Cross-product Analysis of Media-budget Allocations: How Economic and Technological Disruptions Affected Media Choices across Industries". *Journal of Interactive Marketing*, 45: 1-15.

- Ben-Moshe, B.; Elkin, M.; Gottlieb, L. A. & Omri, E., (2016). "Optimizing budget allocation for center and median points". *Theoretical Computer Science*, 627: 13-25. https://doi.org/10.1016/j.tcs.2016.02.013.

- Bertsimas D. & Sim M. (2014). "The Price of Robustness". *Operation Research*, 52 (1): 35–53. Doi: 10.1287/opre.1030.0065.

- Boeing, PH., (2016). "The allocation and effectiveness of China's R&D subsidies - Evidence from listed firms". *Research Policy*, 45(9): 1774-1789.

- Bozeman, B. & Rogers, J., (2001). "Strategic Management of Government-Sponsored R&D Portfolios". *Environment and Planning C: Government and Policy*, 19(3): 413-442. https://doi.org/10.1068/c1v.

- Brantley, M. W.; Lee, L. H.; Chen, CH. H. & Xu, J., (2014). "An efficient simulation budget allocation method incorporating regression for partitioned domains". *Automatica*, 50(5): 1391-1400. doi: 10.1016/j.automatica.2014.03.011.

- Çağlar, M. & Gürel. S., (2019). "Impact assessment based sectoral balancing in public R&D project portfolio selection". *Socio-Economic Planning Sciences*, 66: 68-81. https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.07.001.

- Chen, Y.; Wang, Y.; Hu, D. & Zhou, ZH., (2020). "Government R&D subsidies, information asymmetry, and the role of foreign investors: Evidence from a quasi-natural experiment on the shanghai-hong kong stock connect". *Technological Forecasting and Social Change*, 158. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120162.

- Chun, D.; Hong, S.; Chung, Y.; Woo, CH. & Seo, H., (2016). "Influencing factors on hydrogen energy R&D projects: An ex-post performance evaluation". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1252-1258. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.074.

- Coldrick, S.; Longhurst, P.; Ivey, P. & Hannis, J., (2005). "An R&D options selection model for investment decisions". *Technovation*, 25, 185–193. https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00099-3

- Dai, X. & Cheng, L., (2015). "The effect of public subsidies on corporate R&D investment: An application of the generalized propensity score". *Technological Forecasting and Social Change*, 90(B): 410-419.

- Dziallas, M. & Blind, K., (2018). "Innovation indicators throughout the nnovation process: An extensive literature analysis". *Technovation*, 80-81: 3-29. DOI:10.1016/j.technovation.2018.05.005

- Edler, J. & Georghiou, L., (2007). "Public procurement and innovation—Resurrecting the demand side". *Research Policy*, 36 (7): 949-963.

- Eilat, H.; Golany, B. & Shtub, A., (2008). „R&D project evaluation: an integrated DEA and balanced scorecard approach". *Omega*, 36: 895–912. https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.05.002.

- Endo E. & Tamura, Y., (2001). "Resource allocation model for planning R & D on solar cells". *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 67: 655-661

-Europa web. (2021). https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/gba_esms.htm#contact1616163588011, Accessed 15th July,.

Fisch, J. H., (2003). "Optimal dispersion of R&D activities in multinational corporations with a genetic algorithm". *Research Policy*, 32: 1381–1396.

- Fu, Y.; Xiao, H.; Lee, L. H. & Huang, M., (2021). "Stochastic optimization using grey wolf optimization with optimal computing budget allocation". *Applied Soft Computing*, 103: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107154.

- Gao, S.; Xiao, H.; Zhou, E. & Chen, W., (2017). "Robust ranking and selection with optimal computing budget allocation". *Automatica*, 81: 30-36. https://doi.org/10.1016/j.automatica.2017.03.019.

- Ge, J.; Fu, Y.; Xie, R.; Liu, Y. & Mo, W., (2018). "The effect of GVC embeddedness on productivity improvement: From the perspective of R&D and government subsidy". *Technological Forecasting and Social Change*, 135 (C): 22-31. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.07.057.

- Gerchak, Y., (1998). "On allocating R&D budgets among and within projects". *R and D Management*, 28(4): 305–309. doi:10.1111/1467-9310.00107

- Gharun, M., (2013). "Developing a model for estimation of public investment in science, research and technology in Iran". *IRPHE*, 19 (1): 1-19

- Ghazi, A. & Hosseinzadeh Lotfi, F., (2019). "Assessment and budget allocation of Iranian natural gas distribution company- A CSW DEA based model". *Socio-Economic Planning Sciences*, 66: 112-118.

- Gomez, J.; Rios Insua, D. & Alfaro, C., (2016). "A participatory budget model under uncertainty". *European Journal of Operational Research*, 249(1): 351-358. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.09.024.

- Hassanzadeh, F.; Nemati, H. & Sun, M., (2014a). "Robust optimization for interactive multiobjective programming with imprecise information applied to R&D project portfolio selection". *European Journal of Operational Research*, 238: 41–53. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.03.023.

- Hassanzadeh, F.; Modarres, M.; Nemati, H. R. & Amoako-Gyampah, K., (2014b). "A robust R&D project portfolio optimization model for pharmaceutical contract research organizations". *International Journal of Production Economics* 158: 18-27. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.07.001.

- Heidenberger, K. & Stummer, C., (1999). "Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modelling approaches". *International Journal of Management Reviews*, 1: 197–224.

- Jalalabadi, A.; Seyyed Nourani, S. M. R. & Sannei, M., (2005). "The Effect the Improvement of Categorizing Country,s Budget Item on Universities Budgeting (Affiliated to Ministry of S.R.T.". *Journal of Research and planning in higher education*, 11(1): 65-101 (In Persian).

- Jang, H., (2019). "A decision support framework for robust R&D budget allocation using machine learning and optimization". *Decision Support Systems*,121: 1-12.

- Jang, H.; Woo, C. & Kim, T., (2018). "A Study for Designing Optimal R&D Portfolios". *Report from Science and Technology Policy Institute, Sejong*, Republic of Korea.

- Jonkers, K., (2011). "A functionalist framework to compare research systems applied to an analysis of the transformation of the Chinese research system". *Research Policy*, 40(9): 1295-1306. DOI: 10.1016/j.respol.2011.05.027.

- Jung, Uk. & Seo, D. W., (2010). "An ANP approach for R&D project evaluation based on interdependencies between research objectives and evaluation criteria". *Decision Support Systems*, 49: 335–342. https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.04.005.

- Khaleghi Souroush, F.; Abolghasemi, M.; Garaei Nejad, G. & Davalloo, M., (2017) "Designing a model for the allocation of higher education resources in Iran". *Financial Economics*, 11: 147-170. (In Persian).

- Kim, J. H.; Bae, S. J. & Yang, J. S., (2014). "Government roles in evaluation and arrangement of R&D consortia. *Technological Forecasting and Social Change*, 88 (1): 202-215. DOI:10.1016/j.techfore.2014.06.022

- Kurth, M.; Keisler, J. M.; Bates, M. E.; Bridges T. S.; Summers, J. & Linkov, I., (2017). "A portfolio decision analysis approach to support energy research and development resource allocation". *Energy Policy*, 105: 128-135. http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.030

- Lee, H.; Choi, Y. & Seo, H., (2020). "Comparative analysis of the R&D investment performance of Korean local governments". *Technological Forecasting and Social Change*, 157, https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120073.

- Lee, J. & Yang, J. S., (2018). "Government R&D investment decision-making in the energy sector: LCOE foresight model reveals what regression analysis cannot". *Energy Strategy Reviews*, 21, 1-15.

- Lee, J. & Yang, J. S., (2020). "Strategic R&D budget allocation to achieve national energy policy targets: the case of Korea". *Policy Studies*, https://doi.org/10.1080/01442872.2020.1772216.

- Lee, S. & Lee, H., (2015). “Measuring and comparing the R&D performance of government research institutes: A bottom-up data envelopment analysis approach”. *Journal of Informetrics*, 9(4): 942-953.

- Lee, S. K.; Mogi, G. & Hui, K. S., (2013). “A fuzzy analytic hierarchy process (AHP)/data envelopment analysis (DEA) hybrid model for efficiently allocating energy R&D resources: In the case of energy technologies against high oil prices”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21: 347-355. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.067

- Lee, Y. H. & Kim, Y. J. (2016). ”Analyzing interaction in R&D networks using the Triple Helix method: Evidence from industrial R&D programs in Korean government”. *Technological Forecasting and Social Change*, 110 (C): 93-105. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.10.017.

- Lin, F. J.; Wu, Sh. H.; Hsu, M. Sh. & Perng, Ch., (2016). “The determinants of government-sponsored R&D alliances. *Journal of Business Research*, 69(11): 5192-5195. DOI: 10.1016/j.jbusres.2016.04.111.

- Litvinchev, I. S.; Lopez-Irarragorri, F.; Alvarez, A. & Fernández González E. R., (2010). “Large-scale public R&D portfolio selection by maximizing a biobjective impact measure”. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 40: 572–582. DOI:10.1109/TSMCA.2010.2041228

- Liu, C. C., (2011). “A study for allocating resources to research and development programs by integrated fuzzy DEA and fuzzy AHP”. *Scientific Research and Essays*, 6: 3973–3978. DOI:10.5897/SRE10.838.

- Luo, L. M., (2012). “Optimal diversification for R&D project portfolios”. *Scientometrics* 91: 219–229.

- Málek, J.; Hudečková, V. & Matějka, M., (2014). “System of Evaluation of Research Institutions in the Czech Republic”. *Procedia Computer Science*, 33: 315-320. https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.06.050.

- Modarres M. & Hasanzadeh, F., (2009). “A Robust Optimization Approach to R&D Project Selection”. *World Applied Sciences Journal*, 7 (5): 582-592.

- Momeni, F. & Alizadeh, P., (2014). “Analysis of the barriers for innovation policy-making effectiveness in Iran: An Institutional Approach”. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, *2*(8): 73-89.

- Mulyanto. (2016). “Productivity of R&D institution: The case of Indonesia”. *Technology in Society*, 44: 78-91. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.12.001.

- OECD, Frascati Manual, (2015). Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development.

- Park, H.; Lee, J. & Kim, B., (2015). ”Project selection in NIH: a natural experiment from ARRA”. *Research Policy*, 44: 1145–1159. https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.03.004.

- Perez-Sebastian, F., (2015). “Market failure, government inefficiency, and optimal R&D policy”. *Economics Letters*, 128: 43-47.

- Philpott, K.; Dooley, L.; O’Reilly C. & Lupton, G., (2011). “The entrepreneurial university: Examining the underlying academic tensions”. *Technovation*, 31: 161-170.

- Pourtalei, F. & Atashak, M., (2010). ”A Model for Research and Technology Institutes Budgeting Based on Science and Technology Outputs Cost”. *Journal of Science and Technology Policy*, 2(4): 53-65 (In Persian).

- Rahmani Fazli, H. & Arabmazar, A., (2016). “Optimal Provincial Budget Allocation: A Goal Programing Approach”. *Applied Theories of Economics*, 3(3): 133-152 (In Persian).

- Rahnema, G.; Motafaker azad, M. A. & Ranjpoor, R., (2015). “The Impact of Internal R&D Capital, Imported Capital Goods Stock and Human Capital on Iranian High-Tech Industries' Value Added”. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, *4*(15): 21-54 (In Persian).

- Rajabi, A., (2012). "Goal Programming: An Effective Approach for Budgeting and Optimal Financial Resource Allocation (Case Study: Budget Allocation in Ministry of Health and Medical Education)", *Health Accounting*, 1(2-3): 1-16 (In Persian).

- Sánchez-Barrioluengo, M., (2014). "Articulating the 'three-missions' in Spanish universities". *Research Policy*, 43(10): 1760-1773. DOI: 10.1016/j.respol.2014.06.001.

- Seru, A., (2014). "Firm boundaries matter: Evidence from conglomerates and R&D activity". *Journal of Financial Economics*, 111(2): 381-405. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2013.11.001.

- Sirin, S. M. & Erdogan, F. H., (2013). "R&D expenditures in liberalized electricity markets: The case of Turkey". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24(C): 491-498. DOI: 10.1016/j.rser.2013.03.069.

- Sun, B.; Liu, Y. & Yang, G., (2017). "A robust pharmaceutical R&D project portfolio optimization problem under cost and resource uncertainty". *Journal of Uncertain Systems*, 11: 205–220.

- Talias, M., (2007). "Optimal decision indices for R&D project evaluation in the pharmaceutical industry: Pearson Index versus Gittins Index". *European Journal of Operational Research*, 177: 1105–1112. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.01.011.

- Tan, B.; Anderson Jr., E. G.; Dyer, J. S. & Parker, G. G., (2010). "Evaluating system dynamics models of risky projects using decision trees: alternative energy projects as an illustrative example". *System Dynamics Review*, 26: 1–17. https://doi.org/10.1002/sdr.433.

- Tangian, A., (2004). "Redistribution of university budgets with respect to the status quo". *European Journal of Operational Research*, 157: 409–428. doi:10.1016/S0377-2217(03)00271-6

- Tolga, AÇ., (2008). "Fuzzy multicriteria R&D project selection with a real options valuation model". *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 19 (4-5): 359–371.

- Üçtuğ, F. G. & Yükseltan, E., (2012). "A linear programming approach to household energy conservation: Efficient allocation of budget". *Energy and Buildings*, 49: 200-208.

- UNESCO-UIS. (2009). "Definitions of R&D, innovation and S&T activities". *Training Workshop on Science, Technology and Innovation Indicators*, Cairo, Egypt, 28-30 September

- Vandaele, N. J. & Decouttere. C. J., (2013). "Sustainable R&D portfolio assessment". *Decision Support Systems*, 54(4): 1521-1532. https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.05.054.

- Wang, K.; Mao Y. & Chen, J. Sh. Yu., (2018). "The optimal research and development portfolio of low-carbon energy technologies: A study of China". *Journal of Cleaner Production*, 176: 1065-1077. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.230.

- Wiesenthal, T.; Leduc, G.; Haegeman, K. & Schwarz, H., (2012). "Bottom-up estimation of industrial and public R&D investment by technology in support of policy-making: The case of selected low-carbon energy technologies". *Research Policy*, 41(1): 116-131. DOI: 10.1016/j.respol.2011.08.007.

- Wu, A., (2017). "The signal effect of Government R&D Subsidies in China: Does ownership matter?". *Technological Forecasting and Social Change*, 117: 339-345. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.033.

- Wu, T.; Yang, SH. & Tan, J., (2020). "Impacts of government R&D subsidies on venture capital and renewable energy investment - an empirical study in China". *Resources Policy*, 68, https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101715.

- Xiao, H.; Gao, S. & HayLee, L., (2017). "Simulation budget allocation for simultaneously selecting the best and worst subsets". *Automatica*, 84: 117-127. https://doi.org/10.1016/j.automatica.2017.07.006.

- Yu, F.; Guo, Y.; Le-Nguyen, K.; Barnes, S. J. & Zhang, W., (2016). "The impact of government subsidies and enterprises' R&D investment: A panel data study from renewable energy in China". *Energy Policy*, 89: 106-113. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.009.

- Zera'at Kish, Y.; Nasiri, H.; Davari, A. & Yousefi, H., (2019). "Examining the budget bill for the year 1400 of the whole country 24. Higher education, research and technology funding". *Majlis Research Center*, Policy Report, serial number: 17337.

- Zhang, W., (2018). "Government R&D subsidy policy in China: An empirical examination of effect, priority, and specifics". *Technological Forecasting and Social Change*, 135: 75-82.

- Zhao, B. & Ziedonis, R., (2020). „State governments as financiers of technology startups: Evidence from Michigan's R&D loan program". *Research Policy*, 49(4): https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103926. Zhao, SH., Xu, B.,

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی