Journal of Environmental Research
Vol. 15, No. 30, Autumn & Winter 2025

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

The Impact of Knowledge Trade and Environment- Biased Technical Progress on Sustainable Development

Document Type
Research Paper

Received 2024/07/17

Accepted 2024/09/23

Mostafa Heidari Haratemeh[*1]

1. Associate Professor of the Department of Economics, Naragh Branch, Islamic Azad University, Naragh, Iran

DOI: 10.22034/eiap.2025.217503

Abstract

Nowadays, knowledge trade can increase the productivity of production factors and facilitate the advancement of technical knowledge and reduce the consumption of natural resources and environmental pollution and stimulate green and sustainable development. Therefore, the current research was considered with the aim of investigating the effect of knowledge trade and environment-biased technical progress on sustainable (green) development. In order to investigate the effect of knowledge trade caused by direct technology imports, foreign direct investment technology spillovers and reverse engineering of imported products and environment-biased technical progress on sustainable development, the GMM estimator has been used in the time period of 2012-2022 and 15 industries. The results showed: Import trade is a method of absorbing technical spillovers. Domestic companies can acquire general or partial knowledge by importing advanced products. However, the ability to learn advanced knowledge from advanced products is limited by human capital. The higher and more efficient human capital is, the easier it is to take advantage of the knowledge spillover. Environmental knowledge can only be improved through the direct import of knowledge. Neither foreign direct investment nor imports can improve the level of environmental knowledge. Technical spillover and reverse engineering require efficient and knowledgeable human capital .At a certain level of environmental technology, knowledge trade, regardless of its form, has a positive effect on sustainable and green development. Therefore, although the effects of knowledge trade on green development may be limited, if a country improves its independent innovation ability, technology absorption capacity, technical level and managerial experience, the country's economy can grow stably and sustainably in the long term.

Keywords: Environment-Biased Technical Knowledge, Knowledge Trade, Sustainable (green) Development, Reverse Engineering, Direct technology imports, Foreign direct investment technology spillovers.

* Corresponding author : Email: Mo.heidarih@iau.ac.ir

Introduction

Just as environmental changes can have economic effects, economic changes can also affect the environment. Economic growth and development in the form of sustainable development affects a wide range of economic and non-economic behaviors in different ways. Despite this, it does not leave the same and specific impact on the quality of the environment. Economic growth based on production usually leads to an increase in air pollution, but the large expansion of the service sector may not have a significant impact on air pollution. It should be kept in mind that economic progress is a multi-dimensional and broad concept that automatically opens and advances broad economic aspects for the society. Economic growth and development increases household income and improves physical infrastructure. Each of the development structures can theoretically increase or decrease the rate of environmental degradation. Accordingly, even considering the components of economic development and their relationship with the environmental situation is a delicate relationship. Economic growth and environmental protection have always been the focus of researchers. In recent years, sustainable development has become the main policy of governments. With the deepening of economic integration and globalization, a large number of researchers have focused on the impact of knowledge trade on sustainable development. After countries joined the WTO (World Trade Organization), environmental issues have become an important obstacle to the growth of these countries, and people have been pressured for greater coordination between environmental issues and the economy. Technical innovation to realize environmentally friendly technical progress is the main solution to achieve sustainable development. Technical progress can improve factor allocation efficiency and production efficiency. Technical progress is also a key driving force in sustainable energy storage and reducing greenhouse gas emissions. Researchers; they consider technical progress as an endogenous factor and acknowledge the tendency towards it, which reveals the hidden characteristic based on technical progress. The studies of (Acemoglu et al., 2012) have made a great contribution to the development of theories about technical progress based on technology and have defined environmentally friendly technical progress as progress that encourages energy saving and reducing pollutant emissions. The researchers showed that if pollution levels in developed countries decrease along with economic growth, then it is only possible that environmentally friendly technical progress has been made. The occurrence of such progress is due to the high demand of the people for the quality of the environment, which has led to an increase in income and the announcement of restrictions by developed countries regarding the carbon content of products. (Cao & Wang, 2017) have argued that importing products from developed countries promotes environmentally friendly technical progress, while importing goods from developing countries reduces it. In addition, they showed that exporting in all cases, regardless of the destination country, causes a decrease in environmentally friendly technical progress. Therefore, there seems to be no agreement regarding the effect of knowledge trade on environmentally friendly technical progress. In this research, it is argued that the main limitation in previous studies on the relationship between knowledge trade, technical progress and sustainable development is that knowledge trade and environmentally friendly technical progress have not yet been analyzed independently. Therefore, the main question of the research is how knowledge trade and environmentally friendly technical progress affects sustainable development.

Methodology / Study Area

The current research is of a library type and to investigate the effect of knowledge trade and environment-oriented progress on sustainable development, the GMM estimator was used for the time period of 2012-2022 and 15 industries and was estimated using EVIEWS and Stata software, up to observing the long-term relationships of knowledge trade, environmentally oriented knowledge and sustainable development. The data of the research variables were extracted from the databases of the World Bank, the International Monetary Fund and official statistical centers.

Results

The output from the estimation of the model showed that the technical progress inclined to the environment has a positive and significant effect on sustainable development, and it indicates that the development of environmental knowledge is in the stage of increasing the efficiency of scale and there is more scope for sustainable development. Direct import of knowledge requires a large amount of capital, which makes the advantage of importing knowledge less than the cost of this opportunity in the short term. Therefore, the direct import of knowledge in the initial stage does not significantly contribute to the improvement of sustainable

development. At the level of microeconomics, imported knowledge must match existing knowledge, which requires adaptation to new production knowledge and training of new knowledge operators. This entire process requires time to function properly, which may sometimes lead to backlog. Knowledge trade spillovers from FDI had a significant negative impact on sustainable development, reflecting the lack of independent innovation in institutions (Fujii & Manage, 2016). In addition, many foreign investments seek resources or take advantage of the country's environmental regulations, which allow them to cause pollution, as pollution in developed countries due to strict regulations. And it is strictly forbidden to be environmentally friendly. Therefore, polluting products are often moved to countries where environmental regulations are lax. In the presented model, the level of sustainable development is measured through a comprehensive assessment of economic growth and environmental pollution. The regression coefficient of this index is negative. Two main conditions are necessary to obtain the entered knowledge. One condition is to import products with a relatively higher level of knowledge, and another condition is to hire professionals who can absorb such knowledge. Due to the increasing focus on education, the efficiency of human capital is increasing rapidly. Students and professionals who return to the country after completing their studies help to improve the country's knowledge level and management experience(Li et al., 2017). Therefore, in this connection, countries are gradually becoming experts in tacit knowledge in advanced manufactured goods that they have imported. However, because it is very difficult for importing countries to reverse engineer imported knowledge, the share of imports in the three forms of trade discussed in this study is very small. The interactive expression of technical progress inclined to the environment and knowledge trade shows that, under certain conditions, the ability to absorb environmental knowledge, the level of sustainable development can be independent of the type of knowledge trade, directly, or by importing knowledge trade through direct investment (Su & Moaniba, 2016). Foreign, or through imports, improve. However, the regression coefficient of foreign direct investment is significant and negative, which shows that foreign direct investment alone is not conducive to the harmonious development of the environment and economy. This finding is in line with the conclusions of many existing studies. In this research, by combining the technical improvement caused by foreign investment and the domestic ability to absorb environmental knowledge, a different result is obtained. Under certain conditions, foreign investment is useful for the harmonious development of the economy and the environment. The regression coefficients of the amount of capital and the level of social welfare are positive, which is consistent with the primary hypothesis of the research. Further, by classifying the companies in each industry based on their size, the research has taken a more complete process, so that the degree of influence of knowledge trade and green technical progress on sustainable development can be seen. In the preliminary regression model, the coefficients of all three types of business were all significant. Therefore, only knowledge trade is used as a variable. According to the output of the tables, it can be seen that the effect of green technical progress on sustainable development is still positive and significant, and this means that the conclusions of the main regression were stable. However, after classifying the companies based on the size of the company, it was observed that the degree of influence of green technical progress on sustainable development is variable. It was also found that the effect of green technical progress on sustainable development is greater in large and medium-sized enterprises than in small enterprises, and there was no interaction between green technical progress and sustainable development in small enterprises (Chen & Hung, 2016). This may be due to the fact that production in large and medium-sized enterprises requires that not only the profit of the enterprise, but also social responsibility and environmental protection be taken into account, because their pollution discharge is much larger than that of small enterprises. it's small. Large and medium-sized enterprises that have improved their green technical progress have shown a more socially responsible behavior. However, small and micro enterprises have rarely paid attention to the improvement of green knowledge innovations, because they are under less pressure in terms of government environmental regulations. Therefore, they can spend more capital in the field of production and research and development to ensure smooth implementation of their operations.

Discussion and Conclusion

From the findings of the study, it can be concluded that knowledge trade improves Pareto for both business parties. Unlike the import and export of conventional goods, knowledge trade is a process through which importing countries acquire new technologies and managerial experience (Wang & Song, 2017). Therefore, this system should consider not only the quantity of knowledge trade, but also the ability of importing countries to absorb new knowledge. Empirical analysis shows that knowledge trade is more beneficial for production-

based technical progress than for environment-oriented technical progress. Environmentally oriented knowledge can be effectively improved only when companies import technology from developed countries above the allocated size. This is because knowledge trade is particularly related to the production of goods and the value of the final product, and when the prices of products have been transferred from the product market to the factor market, the price of factors of production increases. This issue inevitably leads to an increase in the marginal production of production factors, which is expressed as technical progress based on production. In addition, the strong control of developed countries on nuclear knowledge in exported products has made it difficult to improve knowledge based on the environment through imported goods. Also, the results showed that although the trade of knowledge obtained through foreign direct investment has a negative effect on sustainable development, it can have a positive effect when the knowledge based on the environment reaches a certain level. Therefore, although the effects of knowledge trade on sustainable development may be limited, if the independent innovation ability, knowledge absorption capacity, technical level and management experience are improved, the economy can achieve sustainable growth in the long term.

References

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hemous, D. 2012a. The environment and directed technical change. Am. Econ. Rev. 102 (1), 131 –166.

Cao, B. & Wang, S. 2017. Opening up‹ international trade‹ and green technology progress in China. J. Clean. Prod. 142, 1002- 1012.

Chen, C.S. & Hung, C.W. 2016. Elucidating the factors influencing the acceptance of green products: an extension of theory of planned behavior. Technol. Forecast. Soc. Chang. 112, 155- 163.

Fujii, H. & Manage, S. 2016. Research and development strategy for environmental technology in Japan: a comparative study of the private and public sectors. Technol. Forecast. Soc. Chang. 112, 293- 302.

Li, H.B., Loyalka, P., Rozelle, S. & Wu, B.Z. 2017. Human capital and China's future growth. J. Econ. Perspect. 31 (1), 25- 48.

Su, H.N. & Moaniba, I.M. 2017. Does innovation respond to climate change? Empirical evidence from patents and greenhouse gas emissions. Technol. Forecast. Soc. Chang. 122, 49- 62.

Wang, S.H. & Song, M.L. 2017. Influences of reverse outsourcing on green technological progress from the perspective of a global supply chain. Sci. Total Environ. 595, 201- 208.

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۵، شماره ۳۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، از صفحه ۱۰۳ تا ۱۲۲

تاثیر تجارت دانش و پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست بر توسعه پایدار

مصطفی حیدری هراتمه*[۱]

۱. دانشیار گروه اقتصاد، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

چکیده

در کشورهای در حال توسعه، تجارت دانش می‌تواند بهره‌روی عوامل تولید را افزایش و پیشرفت دانش فنی را تسهیل و موجب کاهش مصرف منابع طبیعی و آلودگی محیط‌زیستی و تحریک توسعه پایدار شود. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر تجارت دانش و پیشرفت متمایل به محیط‌زیست بر توسعه پایدار در نظر گرفته شد. جهت بررسی تاثیر تجارت دانش (واردات مستقیم فناوری، سرریزهای فناوری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مهندسی معکوس محصولات وارداتی) و پیشرفت متمایل به محیط‌زیست بر توسعه پایدار از تخمین‌زننده GMM در دوره زمانی ۱۳۹۱ – ۱۴۰۱ و ۱۵ صنعت استفاده شده است. نتایج نشان داد: الف. برخلاف تجارت کالاها، تجارت دانش، فرآیندی است که از طریق آن کشورهای واردکننده، فناوری‌های جدید و تجربه مدیریتی را به دست می‌آورند. ب. کشورهای در حال توسعه تنها از طریق معرفی مستقیم فناوری می‌توانند سطح فناوری محیط‌زیستی خود را بهبود بخشند. ج. تجارت دانش با در نظر گرفتن عامل تعاملی فناوری محیط‌زیستی و تجارت دانش، در قالب معرفی مستقیم فناوری و مهندسی معکوس محصولات وارداتی، می‌تواند توسعه پایدار را بهبود بخشد. د. در سطح معینی از فناوری محیط‌زیستی، تجارت دانش، صرف‌نظر از فرم آن، تاثیر مثبتی بر توسعه پایدار و سبز دارد. بنابراین، اگرچه ممکن است اثرات تجارت دانش بر توسعه پایدار، محدود باشد، اما اگر کشوری، توانایی نوآوری مستقل، ظرفیت جذب فناوری، سطح فنی و تجربه مدیریتی خود را بهبود بخشد، اقتصاد کشور می‌تواند در بلندمدت با ثبات و پایدار رشد کند. البته نباید بیش از حد متکی به واردات فناوری خارجی باشد، بلکه باید به تدریج توانایی‌های تحقیقاتی و نوآوری مستقل خود را بهبود بخشد و شرکت‌های داخلی را به توسعه فناوری‌های جدید تشویق کند.

کلیدواژه‌ها: پیشرفت فنی مبتنی بر محیط‌زیست، تجارت دانش، توسعه پایدار، مهندسی معکوس، واردات مستقیم فناوری، سرریزهای فناوری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مهندسی معکوس محصولات وارداتی

* نویسنده مسئول: Email: Mo.heidarih@iau.ac.ir
DOI: 10.22034/eiap.2025.217503

سرآغاز

کاهش فقر جهانی و جلوگیری از کاهش کیفیت محیط‌زیست و جلوگیری از تغییرات محیط‌زیستی دو چالش مهمی است که امروزه جامعه بشری با آنها روبه‌رو است. این مشکلات با یکدیگر در هم تنیده‌اند. تغییرات آب‌وهوایی رشد اقتصادی را تهدید می‌کنند، به‌ویژه در کشورهایی با درآمد پایین که وضعیت زندگی و جمعیت آسیب‌پذیر را با خطر مواجه می‌سازد. برعکس این موضوع، هنگامی که درآمد متوسط خانوارها افزایش پیدا می‌کند، تعداد بیشتری از مردم می‌توانند خانه‌های بزرگتر خریداری کنند یا خودرو داشته باشند، به همین دلیل میزان تولید کربن آنها افزایش پیدا می‌کند. همان‌طور که تغییرات محیط‌زیستی می‌تواند تاثیرات اقتصادی داشته باشد، تغییرات اقتصادی نیز می‌توانند بر محیط‌زیست تاثیر گذارند. رشد وتوسعه اقتصادی در قالب توسعه پایدار با روش‌های مختلف و به صورت‌های مختلف بر محدوده گسترده‌ای از رفتارها چه اقتصادی و چه غیراقتصادی تاثیر می‌گذارد. با وجود این تاثیر یکسان و مشخصی بر کیفیت محیط‌زیست بر جای نمی‌گذارد. رشد اقتصادی مبتنی بر تولید معمولاً به افزایش آلودگی هوا منجر می‌شود، اما گسترش زیاد بخش خدمات ممکن است بر آلودگی هوا تاثیر قابل توجهی بر جای نگذارد. باید در نظر داشت که پیشرفت‌های اقتصادی، مفهومی چندبعدی و گسترده است که خودبه‌خود، جنبه‌های اقتصادی گسترده‌ای را برای جامعه باز کرده و پیشرفت می‌دهد. رشد و توسعه اقتصادی باعث افزایش درآمد خانوار می‌شود و زیرساخت‌های فیزیکی را نیز بهبود می‌بخشد. هر کدام از سازه‌های توسعه می‌توانند به صورت تئوریک سرعت تخریب محیط‌زیست را افزایش یا کاهش دهند. بر همین اساس، حتی در نظر گرفتن مولفه‌های توسعه اقتصادی و رابطه آنها با وضعیت محیط‌زیستی، ارتباط ظریفی است. رشد اقتصادی و محافظت محیط‌زیستی همیشه مورد توجه محققان قرار داشته‌اند. در سال‌های اخیر، توسعه پایدار به سیاست اصلی دولت‌ها تبدیل شده است. با عمیق‌تر شدن یکپارچگی اقتصادی و جهانی‌شدن، تعداد زیادی از محققان بر روی تاثیر تجارت دانش بر توسعه پایدار تمرکز داشته‌اند. بعد از پیوستن کشورها به WTO (سازمان تجارت جهانی)، مسائل محیط‌زیستی به مانع مهمی در مقابل رشد این کشورها تبدیل شده‌اند و مردم به خاطر هماهنگی بیشتر بین موضوعات محیط‌زیستی و اقتصاد تحت فشار قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال در چین، دولت یک طرح استراتژی توسعه انرژی منتشر کرد که در آن بیان شده است که راهبرد »صرفه جویی، پاک و ایمن» باید تعیین شود. به علاوه، با ایجاد سیستم مصرف انرژی بهینه و ساختاری جهت دستیابی به بازار انرژی مدرن، مکانیسمی برای کنترل کل مصرف انرژی تعیین شد. نوآوری فنی جهت تحقق پیشرفت فنی متمایل به(جهت‌دار) محیط‌زیست، راه‌حل اصلی برای دستیابی به توسعه پایدار است. پیشرفت فنی نیز، نیروی محرک کلیدی در ذخیره انرژی پایدار و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. محققان؛ پیشرفت فنی را به عنوان عاملی درون‌زا تلقی و تمایل به آن (تورش آن) را تصدیق می‌کنند، که ویژگی پنهان مبتنی بر پیشرفت فنی را آشکار می‌کند. (Acemoglu 2003, 2007; Acemoglu et al., 2012a, b) سهم زیادی در توسعه نظریاتی در خصوص پیشرفت فنی مبتنی بر داشته‌اند و پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست را به عنوان پیشرفتی تعریف کرده‌اند که موجب برانگیختن صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشارآلاینده ها می‌شود. (Copeland & Taylor, 1994) اظهار می‌دارند که اگر سطوح آلودگی در کشورهای توسعه یافته همراه با رشد اقتصادی کاهش پیدا کند، آنگاه تنها امکان دارد پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست ایجاد شده باشد. وقوع چنین پیشرفتی ناشی از تقاضای بالای مردم برای کیفیت محیط‌زیست است، که منجر به افزایش درآمد و اعلام محدودیت‌هایی از جانب کشورهای توسعه یافته در خصوص محتوای کربن محصولات شده است. (Cao & Wang, 2017) استدلال کرده‌اند که وارد کردن محصولات از کشورهای توسعه یافته موجب ارتقاء پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست می‌شود، در حالی که وارد کردن کالا از کشورهای در حال توسعه موجب کاهش آن می‌شود. به علاوه، آنها نشان دادند که صادرات در همه موارد، صرفنظر از کشور مقصد، موجب کاهش پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد هیچ توافقی در خصوص تاثیر تجارت دانش بر پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست وجود نداشته باشد. در این تحقیق، استدلال می‌شود که محدودیت اساسی در مطالعات قبلی در خصوص رابطه بین تجارت دانش، پیشرفت فنی و توسعه پایدار این است که تجارت دانش و پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست هنوز به‌طور مستقل مورد تجزیه‌وتحلیل قرار نگرفته‌اند. تجارت دانش به مجموع فعالیت‌های تبادل منطقی و علمی اشاره دارد که از طریق همه انواع منافع فکری، همچون اطلاعات، استعدادهای نوآورانه و تجهیزات شبکه الکترونیکی، صورت می‌گیرد. تجارت چندین بُعد

دارد از قبیل: الف. تجارت نیروی کار «اشتغال و تخصیص منابع نیروی کار» (مدل ریکاردین Ricardian)؛ ب. تجارت کالا «اشتغال و تخصیص منابع طبیعی» (مدل H-O)، ج. تجارت دانش «اشتغال و تخصیص منابع فکری». کاهش مداوم منابع‌طبیعی سنتی هر سال باعث ایجاد هزینه‌های فزاینده‌ای شده است، در حالی‌که بهره‌وری نیروی کار کاهش پیدا کرده است. اما، تجارت دانش در طول سال‌ها تاثیر قابل‌توجهی بر تجارت سنتی داشته است. در این تحقیق، سعی شده است تجارت دانش از دیگر فعالیت‌های تجاری جدا شود. با تمام این اوصاف یکی از موضوعات مورد توجه مجامع بین‌المللی و دیدگاه غالب طرفداران محیط‌زیست و اقتصاددانان، افزایش آلودگی، آلاینده‌ها و کاهش کیفیت محیط‌زیست به سبب رشد و توسعه یک جانبه صنعت است که با وجود تاثیرگذاری فراوان بر رشد و توسعه اقتصادی ملی و مناطق، منجر به ایجاد مخاطرات بسیاری شده و با کاهش باروری محیط‌زیست، به تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود. اما دیدگاه مطرح شده، با دیدگاه اقتصاددانان توسعه که بیان می‌کنند که در مراحل اولیه توسعه، ارمغان رشد، وخامت در محیط‌زیست است، اما سپس به سطح خاصی از اوج می‌رسد و در این نقطه، رشد تمایل به بهبود در محیط‌زیست دارد، به ویژه برای کشورهای در حال توسعه مانند ایران، مغایر بوده است. بنابراین تحقیق حاضر به بحث و بررسی پیرامون ارتباط میان رشد و توسعه پایدار و آلاینده‌های محیطی و تغییرات محیط‌زیستی پرداخته است. در این راستا، معادله تجارت دانش، معرفی تا به تجزیه‌وتحلیل تاثیر آن بر پیشرفت‌های فنی متمایل به محیط‌زیست و توسعه پایدار پرداخته شود. بنابراین سوال اصلی پژوهش عبارت است از این که تجارت دانش و پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست چگونه توسعه پایدار را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در ادامه ابتدا به ادبیات و پیشینه تحقیق پرداخته و سپس مبانی و مدل نظری تحقیق ارایه می‌شود و به دنبال آن روش‌شناسی تحقیق شامل داده، متغیرها و الگوهای رگرسیونی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت نتایج و یافته‌های به دست آمده از تخمین الگوهای رگرسیونی به همراه بحث و بررسی و ارایه پیشنهادها اشاره می‌شود.

پیشینه پژوهش

تجارت، از طریق تقسیم کار، توسعه بازار، توسعه فنی، می‌تواند محصولات فراوان و کالاهای متنوعی را در دسترس افراد قرار دهد. اما، تجارت اغلب با آلودگی محیط‌زیستی مرتبط است. بنابراین، کشور میزبان باید منابع اقتصادی قابل‌توجهی به مسائل محیط‌زیستی و نظارت بر آن تخصیص دهد، که به‌طور قابل توجهی بر سرعت رشد اقتصادی آن تاثیر خواهد گذاشت (Chen & Hung, 2016; Rodriguez & Rodrik, 2000) تحقیق Edwards (1998) را مورد بررسی قرار دادند و متوجه شدند که باز بودن تجارت و رشد اقتصادی، همیشه رابطه مثبتی با هم ندارند. هر چند اعتبار نتایج رگرسیون آنها به انتخاب متغیرهای باز بودن تجارت و روش تجزیه‌وتحلیل تجربی بستگی دارد. (Harrison & Hanson, 1999) سعی کردند تا رابطه بین تجارت و رشد غیرخطی اقتصاد را از نقطه نظر موانع تجاری توضیح دهند. (Wang & Song, 2017) رابطه بین تجارت و اقتصاد را از دیدگاه پیشرفت فنی توضیح می‌دهند. اما، نتایج آنها رضایت‌بخش نیستند، و هنوز هم شواهد قطعی در خصوص رابطه بین تجارت دانش و رشد اقتصادی وجود ندارد. بنابراین تمرکز بر این است که آیا تجارت آن هم تجارت دانش می‌تواند موجب رشد اقتصادی شود و در عین حال از کیفیت محیط‌زیستی هم محافظت کند؟ پیشرفت فنی، نیرو محرکه‌ایی برای محافظت محیط‌زیستی و رشد اقتصادی است. بنابراین، بسیاری از محققان بر بهبود پیشرفت فنی تمرکز دارند. اما، به دلیل انواع شاخص‌های استفاده شده برای اندازه‌گیری پیشرفت فنی، تحقیقات موجود به نتایج سازگاری دست نیافته‌اند. بعد از این که اکموگلو، مفهوم پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست را معرفی کرد، محققان چندین شیوه برای اندازه‌گیری آن پیشنهاد کردند. بسیاری از محققان شاخص بهره‌وری لوینبرگر (Chambers et al., 1996)، شاخص بهره‌وری مالم‌کویست–لوینبرگ (ML)[1] (Chung et al., 1997)، و شاخص ترتیبی مالم‌کویست– لوینبرگ (SML)[2] (Donghyun & Almas, 2010) را از میان موارد دیگر انتخاب کردند. Lovell (2003) شاخص مالم‌کویست را به تغییر فنی (TECH) و مولفه تغییر کارآمد (EFFCH) تقسیم می‌کند، و بعدا تغییر فنی TECH را بیشتر تقسیم می‌کند: شاخص MATECH برای اندازه‌گیری پیشرفت فنی طبیعی؛ شاخص OBTECH برای اندازه‌گیری اثرات مفید پیشرفت فنی بر محصول؛ و شاخص IBTECH، که تورش پیشرفت را اندازه‌گیری می‌کند. این روش تنها به لحاظ کیفی می‌تواند جهت‌گیری پیشرفت فنی را از طریق «چرخش» و «انحراف شعاعی» مرز تولید ارزیابی کند و امکان اندازه‌گیری تنها دو عامل ورودی را فراهم می‌سازد. اما، اندازه‌گیری کیفی و پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست با ورودی‌ها و خروجی‌های

چندگانه را نمی‌تواند بررسی کند. (Fujii & Manage, 2016) سعی کردند تا دانش محیط‌زیستی را تجزیه و اندازه‌گیری کنند، اما نتوانستند در اندازه‌گیری روش استفاده شده پیشرفتی حاصل کنند، چون اندازه‌گیری آنها هنوز هم بر مبنای عامل بهره‌وری کل بود. بیشتر تحقیقات مربوط به تجارت دانش بر روی منابع انسانی تمرکز داشته‌اند. برای مثال، (Lall et al., 2006; Rodrik, 2006; Hausmann et al., 2007) چنین استدلال می‌کنند که پیشرفت فنی به‌طور معنادار و مثبتی با منابع انسانی و تولید ناخالص داخلی سرانه مرتبط است. (Santos- Paulino, 2008) با استفاده از داده‌های مربوط به کشورهای BRIC[۳] نشان می‌دهند که پیشرفت فنی و بهبود بهره‌وری تولید در این کشورها به اعطای منابع مالیشان، همچون منابع انسانی، سطوح درآمد، و شرایط اقتصادی کلی کشور مربوطه، بستگی دارد. تجارت خارجی، صنایع فناوری برتر را به چالش کشیده است، که منجر به کاهش تقاضا برای نیروی کار ماهر و دستمزد مربوطه شده است. این تغییرات به نفع سرمایه‌گذاری سرمایه انسانی عمل نمی‌کنند (Falvey et al., 2010; Long et al., 2007). اما، منابع انسانی می‌توانند پیچیدگی دانش‌های صادر شده را بهبود بخشند و مولفه اصلی تجارت دانش هستند. (Li et al., 2017) خاطرنشان می‌کنند که کشور چین دچار کاهش سود سهام سرمایه انسانی می‌شود. اگرچه جمعیت زیادی دارد، اما بیشتر نیروی کار آن در کارهای کم دستمزد و کم مهارت مشغول به کار هستند. اما، همان‌طور که بعد از سال ۲۰۱۰، جهان به سمت اقتصاد مبتنی بر، دانش بنیان، دستمزد بالا، مهارت بالا و نوآوری حرکت کرد؛ لازم است هم تحصیلات دانشگاهی را گسترش دهد، و در عین حال، مهارت‌های ویژه در میان سرمایه انسانی‌اش را ترویج دهد، که از طریق آن مسئله کمبود سرمایه انسانی ماهر هم می‌تواند حل شود. یکی از شیوه‌های بررسی کمبود سرمایه انسانی که توسط (Li et al., 2017) به آن اشاره شده، به کارگیری سرمایه انسانی از کشورهای توسعه یافته است. (Kianto et al., 2017) خاطرنشان می‌کنند که منابع انسانی مبتنی بر دانش معقول موجب بهبود ساختارهای بنگاه و شرکای تجاری خواهد شد، اما به‌طور عمیق در خصوص تجارت دانش بحث نمی‌کنند. شاید بیشتر بحث‌های مربوط به سرمایه انسانی هنوز هم حول سرمایه انسانی داخل یک کشور یا بنگاه متمرکز هستند، و تحقیقات در خصوص جریان فرامرزی سرمایه انسانی کم است. با دقت در موارد فوق دریافت می‌شود که تا کنون محققان هنگام بررسی یافتن راه‌حلی برای حل مسئله کمبود سرمایه انسانی تنها در درون یک کشور یا بنگاه تمرکز داشته‌اند و جریان فرامرزی سرمایه انسانی را نادیده گرفته‌اند. این مطالعه سعی می‌کند این فاصله را نیز پر کند. این تحقیق به تجزیه و تحلیل تجارت دانش بصورت مجزا می‌پردازد، و بر اساس نظریات مربوطه در خصوص پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست و توسعه پایدار استدلال می‌کند که تجارت دانش می‌تواند منجر به پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست و بهبود توسعه پایدار شود. به علاوه، این تحقیق سعی می‌کند تا اثبات کند که کشورهای در حال توسعه نیز می‌توانند از فعالیت‌های تجارت دانش بهره ببرند، اما ممکن است از طریق تجارت خارجی به پای کشورهای توسعه یافته نرسند. همچنین در این مطالعه به شیوه‌های زیر به بررسی ناکارآمدی مدل‌سازی الگوهای رشد جدید پرداخته می‌شود: ۱. مرز نظری مدل رشد جدید به وسیله ترکیبی از عوامل محیط‌زیستی و عوامل اقتصادی گسترش پیدا کرده است؛ ۲. بخش تولید و بخش تحقیق و توسعه به‌طور صریح از هم جدا شده‌اند و هدف تحقیق و توسعه تولید، افزایش خروجی بخش تولید محصول در نظر گرفته شده است؛ ۳. تجارت دانش در این مدل معرفی شده، که تا اندازه‌ای قادر به پرکردن شکاف مدل‌سازی تجارت در این مدل رشد جدید شده است.

چارچوب و مدل نظری تحقیق

مدل رشد اقتصادی

در راستای نظریه رشد جدید، بخش تولید به دو بخش توسعه محصول و بخش تولید دانش تقسیم می‌شود. خروجی بخش تولید محصول مستقیماً برای مصرف استفاده خواهد شد، در حالی که بخش دانش یا بخش تحقیق و توسعه، دانش‌های جدیدی برای بهبود اثربخشی تولید در بخش توسعه محصول ارایه خواهد کرد. دانش به تکنولوژی و فناوری تولید منتقل می‌شود و سپس توسط بخش تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. هیچ امر تصادفی در فرایند تولید دانش وجود ندارد. همچنین فرض می‌شود که توابع تولید این دوبخش، تابع تولید کاب– داگلاس[۴] باشند و سهم عامل بخش تحقیق و توسعه یک عامل ثابت برون‌زا باشد؛ به علاوه، بازده‌های ثابت نسبت به مقیاس فرض شده‌اند. از آنجا که دانش غیررقابتی است، همه بخش‌ها می‌توانند عوامل فنی را به اشتراک بگذارند. همچنین فرض می‌شود که بخش‌های تولید بتوانند از دانش‌هایی استفاده کنند که موجب تولید در سطح یکسان می‌شوند. سپس، تابع تولید محصول نهایی به صورت زیر به‌دست می‌آید:

(۱)

$$Y(t) = A_P\{[(1-\alpha_K)K(t)]^{\alpha}[(1-\alpha_L)L(t)]^{\beta}\}[A_E E]^{1-\alpha-\beta}$$

$K(t)$ و $L(t)$ به ترتیب، نیروی کار و سرمایه را در زمان t نشان می‌دهند؛ α_K و α_L به ترتیب، سهم سرمایه و نیروی کار هستند که به عنوان ورودی‌های بخش تحقیق و توسعه استفاده شده و ثابت هستند؛ α و β به ترتیب ضرایب کشش سرمایه و نیروی کار را نشان می‌دهند؛ A_P پیشرفت فنی مبتی بر تولید است. در این مدل، مصرف انرژی و کاهش آلودگی در حوزه عامل ورودی تولید گنجانده شده‌اند، به‌طور ی که، هرچه کاهش آلودگی بیشتر باشد، بازده فرایند تولید بالاتر خواهد بود. بنابراین، از E برای نشان دادن مصرف انرژی و کاهش آلودگی استفاده می‌شود. A_E به عنوان پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست تعریف شده است. تابع تولید دانش با جزئیات بیشتری به صورت زیر ارایه می‌گردد:

(۲)

$$A(t) = C[\alpha_K K(t)]^{\lambda}[\alpha_L L(t)]^{\theta}[A_P(t)]^{\phi}[A_E(t)]^{\phi}$$

که C پارامتر انتقال است که توصیف می‌کند چگونه دانش به دانش تبدیل شده است. به علاوه، این پارامتر بر تابع تولید تاثیر می‌گذارد. $A(t)$، سهم دانش موجود را نشان می‌دهد و ϕ، سهم دانش موجود در فعالیت‌های تحقیق و توسعه است. به دلیل ماهیت غیررقابتی دانش، پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست و پیشرفت فنی مبتی بر تولید به‌طور همزمان در معادلات (۱ و ۲) ظاهر می‌شوند. پس، معادلات رشد سرمایه و نیروی کار به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\Delta K(t) = sY(t) \quad (۳)$$

$$\Delta L(t) = nL(t) \quad (۴)$$

که s، نرخ استهلاک را نشان می‌دهد که ثابت و برون‌زا است. بنابراین، استهلاک در این مرحله درنظر گرفته نشده است. چهار معادله فوق یک مدل رشد جدیدی را تشکیل می‌دهند که تاثیر دانش مبتنی بر به محیط‌زیست را در نظر می‌گیرد. بنابراین نتیجه‌ایی حاصل می‌شود مبنی بر این که؛ زمانی که بازده به مقیاس دانش مبتنی بر به محیط‌زیست افزایش می‌یابد یا بدون تغییر باقی می‌ماند، افزایشی در سهم منابع به بخش تحقیق و توسعه تخصیص داده می‌شود که منجر به افزایش بلندمدت نرخ رشد می‌شود؛ بنابراین تابع تولید نسبت به زمان واگرا می‌شود.

مدل انباشت دانش

Grossman & Elhanan, 1991; Rivera- Batiz & Paul,) 1991) خاطرنشان کردند که تجارت دانش می‌تواند موجب برانگیختن تبادل فنی در میان افراد درگیر در تجارت شود. در صورت نبود تجارت دانش، ممکن است همان ایده‌ها و دانش‌ها مکرراً در کشورهای مختلف مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته باشند. باز بودن تجارت، شرکت‌ها را ترغیب می‌کند تا فعالیت‌های تحقیق و توسعه غیرتکراری بر روی ایده‌ها و دانش‌های جدید انجام دهند؛ کشورهای مختلف می‌توانند بر اساس مزایای حاصله از طریق تجارت دانش به تولید خاص و بالاتر دست یابند. بنابراین در ارایه مدل تجارت دانش پیشنهادی، سه هدف زیر درنظر گرفته می‌شود:

- تولید دانش

بسیاری از اقتصاددانان مصرف را به عنوان تنها هدف تولید می‌دانند. اگر بخش تولید، بیشینه‌سازی محصول دوره فعلی را به عنوان هدف تولید در نظر بگیرد، آنگاه تولید دانش شیوه بهینه‌ای نیست که منابع به آن تخصیص داده شود. اگر بخش تولید نرخ رشد اقتصادی بلندمدت را به عنوان هدف تولیدش درنظر بگیرد، آنگاه روش تخصیص بهینه‌ای وجود ندارد. بنابراین، در مدل‌سازی دانش، بخش تولید به بخش تولید محصول و بخش تحقیق و توسعه تقسیم می‌شود و چنین فرض می‌گردد که دانش ورودی برای خروجی تولید محصول است؛ بنابراین، تولید این دو بخش ترتیبی خواهند بود.

- آشکار کردن تخصیص منابع

در این راستا هدف دستیابی به تخصیص کارآمد و استفاده مناسب از منابع کمیاب در این دو بخش می باشد. بنابراین، با مدل‌سازی تجارت دانش به بررسی ورودی‌های منابع تخصیص داده شده به بخش تحقیق و توسعه جهت تحقق تخصیص منابع بهینه، پرداخته می‌شود. به جهت سهولت، فرض می‌شود که عوامل تولید بین این دو بخش قابل جایگزین و جانشین هستند و تنها میانگین تخصیص یک واحد منبع اقتصادی درنظر گرفته شده است.

- بررسی کامل نقش تجارت در رشد اقتصادی

تجارت دانش از دیگر فعالیت‌های تجاری جدا می‌شود و مدل‌هایی برای توضیح بهتر مسیرهای نفوذ و اثرات باز بودن تجارت بر روی

پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست و رشد اقتصادی، تعیین می‌گردد. بنابراین، توجه خاصی بر بخش‌های درگیر در فعالیت‌های تجاری متمرکز می‌گردد. اگر چه تجارت دانش می‌تواند بر بخش‌های غیرتجاری نیز تاثیر داشته باشد، اما در مورد این موقعیت بحث نمی‌شود چون به‌طور مستقیم در تجارت دانش درگیر نیستند. بر اساس ملاحظات فوق، ابتدا تابع انباشت دانش به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$A_p = A_{\circ p} B_P^{S_p}, \quad A_e = A_{\circ e} B_E^{S_e}, \quad \circ \le S_p, S_e \le ۱ \qquad (۵)$$

A نشان دهنده سهم دانش در پایان دوره است؛ $A_{\circ p}$ و $A_{\circ e}$ به ترتیب، سهم دانش در دانش تولید و دانش محیط‌زیستی، در آغاز دوره هستند؛ B_p و B_e به ترتیب، کارایی تولید دانش تولید و دانش محیط‌زیستی هستند؛ و S_p و S_e به ترتیب، نسبت میانگین واحد مواد استفاده شده در دانش مبتی بر تولید و دانش مبتنی بر به محیط‌زیست، هستند. بر اساس این مدل رشد پیشنهادی، بازده‌ها به مقیاس در بخش تولید محصول ثابت هستند؛ بنابراین، شیوه تولید سازماندهی شده نامتغیر است، و عامل ورودی در بخش تولید محصول نسبت مستقیمی با خروجی دارد. پس تابع تولید محصول نهایی به صورت زیر بدست می‌آید:

$$Y = A_p A_e (۱ - S_p - S_e) = A_{\circ p} A_{\circ e} B_p^{S_p} B_E^{S_e} (۱ - S_p - S_e) \qquad (۶)$$

- مدل تجارت دانش

مدلی ۲×۲×۲ با دو کشور، دو دانش و دو بخش تعیین می‌شود. این دو کشور، یکی در حال توسعه و دیگری توسعه یافته هستند، که به ترتیب با اندیس‌های ۱ و ۲ مشخص شده‌اند. چون کشورهای توسعه یافته دانش‌های پیشرفته‌تری دارند و بیشتر بر ذخیره انرژی و محافظت از محیط‌زیست تمرکز دارند، آنها مزیت‌های رقابتی در تحقیق و توسعه دانش‌های مبتنی بر به محیط‌زیست دارند و بنابراین در تجارت دانش به صادرات دانش محیط‌زیستی می‌پردازند. چون کشورهای در حال توسعه بیشتر بر بهبود سطح اقتصادیشان تمرکز دارند، به دنبال بهبود دانش تولید هستند و در تجارت دانش به واردات دانش مبتی بر تولید می‌پردازند. جهت سهولت، فرض می‌شود که سهام دانش اولیه این دو کشور یکسان بوده‌اند بنابراین توابع تولید آنها قبل از تجارت دانش به صورت زیر بدست آید:

$$Y_{\circ ۱} = A_{\circ p} A_{\circ e} B_{P1}^{S_{p1}} B_{E_1}^{S_{e1}} (1 - S_{p1} - S_{e1}) \qquad (۷)$$

$$Y_{\circ ۱} = A_{\circ p} A_{\circ e} B_{P۲}^{S_{p۲}} B_{E_۲}^{S_{e۲}} (۱ - S_{p۲} - S_{e۲}) \qquad (۸)$$

فرایند انجام تجارت دانش این دو کشور به صورت زیر بیان شده است:

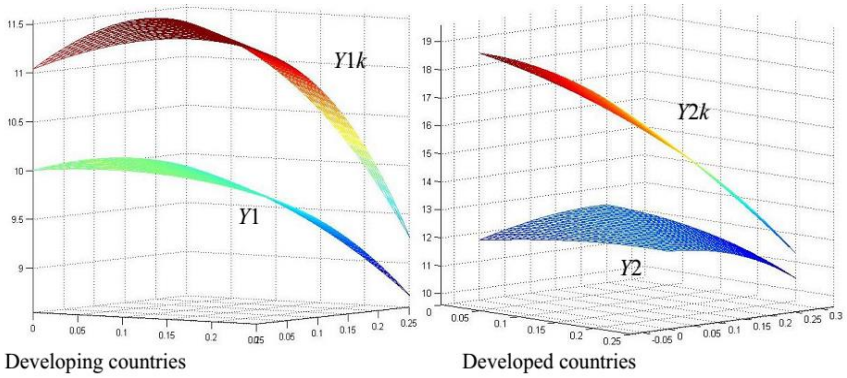
$$A = A_{\circ p} A_{\circ e} B_{P1}^{S_1'} B_{E1}^{S_2'} + k(A_{e2} - A_{e1} + A_{p1} - A_{p2}), \qquad 0/7 \le k \le 1 \qquad (۹)$$

که k پارامتر اندازه‌گیری تجارت دانش بین این دو کشور، شرایط تجاری و زیان‌های حاصله، است. هنگامی که k کمتر از ۰/۷ باشد، آنگاه زیان ناشی از موانع تجاری بین این دو کشور مزایای تجاری را خنثی می‌کند و در به تأخیر انداختن وقوع تجارت دانش نقش دارد. k بوسیله دو عامل تعیین شده است: یکی، موانع تجاری است که ناشی از سیاست‌های تجاری می‌باشد و دیگری، قیمت نسبی منابع و دانش در فعالیت‌های تجاری است. از معادله (۹) می‌توان استنباط نمود که هر چه مقدار k بزرگتر باشد، آنگاه آنچه که اهمیت بیشتری دارد تغییر فنی ناشی از تجارت دانش است. به دلیل غیررقابتی بودن تجارت دانش، سهم دانش اولیه این دو کشور همراه با این تجارت کاهش پیدا نخواهد کرد و منابع در دسترس دانشی از واحد یک به واحد دو گسترش پیدا می‌کند. کشورهای صادرکننده دانش همیشه از این تجارت نفع می‌برند، و نرخ بازده فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌تواند افزایش پیدا کند. بنابراین، توابع انباشت دانش این دو کشور بعد از تجارت دانش به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{cases} A_1 = A_{\circ p} A_{\circ e} B_{P1}^{S_1} B_{E1}^{S_1} + k(A_{e1} - A_{e1}) \\ A_2 = A_{\circ p} A_{\circ e} B_{P1}^{S_2} B_{E1}^{S_2} + k(A_{p1} - A_{p2}) \end{cases} \qquad (۱۰)$$

با در نظر گرفتن معادلات (۷ و ۸) با هم، می‌توان تابع تولید را برای محصولات نهایی این دو کشور، قبل و بعد از تجارت دانش، ترسیم نمود، همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است. توابع تولید محصولات نهایی این دو کشور از منحنی‌های Y۱ و Y۲ قبل از تجارت دانش به منحنی‌های $Y_1 k$ و $Y_2 k$ بعد از تجارت دانش، تغییر پیدا کرده‌اند.

هنگامی که $k = \circ$ باشد، تجارت موجب افزایشی در تولید محصول هر دو بخش در هر دو کشور می‌شود. از دیدگاه کل جامعه، این تجارت باعث می‌شود تا از تولید مکرر بخش‌های تحقیق و توسعه در کشورهای مختلف اجتناب شود، که تخصیص بهینه منابع را به همراه خواهد داشت، و منجر به افزایش تولید محصول می‌شود.



شکل (۱): تابع تولید محصولات نهایی دو کشور قبل و بعد از تجارت دانش

به علاوه، این تجارت موجب گسترش اندازه بازار مطلوب برای بخش‌های تحقیق و توسعه می‌شود، که باعث افزایش نرخ بازده فعالیت‌های تحقیق و توسعه، و همچنین تولید دانش و تولید کل، می‌شود. تجارت دانش همچنین موجب می‌شود تا هر دو کشور تولید خود را با تخصص بیشتری انجام دهند- کشورهای توسعه یافته بر تولید دانش مبتنی بر به محیط‌زیست تمرکز دارند، در حالی‌که کشورهای در حال توسعه بر دانش مبتی بر تولید تمرکز دارند. فاصله فنی- تکنولوژیک بین این دو نوع کشورها، همراه با پیشرفت تجارت، همیشه وجود خواهد داشت. این مدل ثابت است و نمی‌تواند در مورد این موضوع قضاوت کند که آیا فاصله تولید بین کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه می‌تواند کاهش پیدا کند یا نه. اما، از این سناریو که $k = 1$ باشد، می‌توان استنباط کرد که کشورهای توسعه یافته (یا در حال توسعه) تنها قبل از تجارت می‌توانند به سطح کشورهای در حال توسعه (یا کشورهای توسعه یافته) دست یابند، حتی اگر کشور دیگر همه مزایای بالقوه را به دست آورده باشد. از طرف دیگر، کشورهای در حال توسعه در زمینه دانش ذخیره انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ایی و آلودگی، تنها می‌توانند از مسیر کشورهای توسعه یافته پیروی کنند. به علاوه، این مدل وجود همبستگی مثبت بین تجارت و تولید دانش و تولید محصول نهایی را نشان می‌دهد، که با نتایج مطالعات (Billmeier & Tommaso, 2007; Das & Biru, 2011) مطابقت دارد.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع کتابخانه‌ای است و برای بررسی تاثیر تجارت دانش و پیشرفت متمایل به محیط‌زیست بر توسعه پایدار، از تخمین‌زننده GMM برای دوره زمانی ۱۳۹۱ - ۱۴۰۱ و ۱۵ صنعت استفاده و با استفاده از نرم‌افزار ایویوز و استتا تخمین زده شد، تا به مشاهده روابط بلندمدت تجارت دانش، دانش متمایل به محیط‌زیست و توسعه پایدار، پرداخته شود. داده‌های متغیرهای تحقیق از پایگاه داده‌های بانک جهانی، صندوق بین‌المللی پول و مراکز آماری رسمی استخراج شده است. از آنجا که تجارت دانش می‌تواند موجب بهبود اثربخشی تولید و ارتقا رشد تجاری، بهبود دانش متمایل به محیط‌زیست، تشویق ذخیره انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ایی و آلودگی شود، و بر بهبود توسعه پایدار اقتصادی تاثیرگذار باشد، می‌توان بر اساس سطح توسعه پایدار، پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست و تجارت دانش، رتبه‌بندی انجام داد. بنابراین دستگاه معادله همزمان به صورت زیر ایجاد می‌شود:

$$\begin{cases} gGDP_t = \theta_1(s_t) + A_1(s_t)gGDP_{t-1} \ldots + A_p(s_t)gGDP_{t-p} + \varepsilon \\ GTP_t = \theta_2(s_t) + B_1(s_t)GTP_{t-1} \ldots + B_p(s_t)GTR_{t-p} + \varepsilon \\ R_t = \theta_\varepsilon(s_t) + c_1(s_t)R_{t-1} \ldots + C_p(s_t)R_{t-p} + \varepsilon \end{cases} \quad (11)$$

gGDP، سطح توسعه پایدار را تعیین می‌کند و با کم کردن مخارج کنترل انتشارگازهای گلخانه‌ایی و آلودگی از GDP در هر صنعت، به دست آمده است؛ GTP، پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست را نشان می‌دهد؛ R، نشان‌دهنده تجارت دانش بین

کشور موردنظر و کشورهای توسعه یافته است؛ و ε ضریب خطای تصادفی است. در ادامه، هر شاخص/ متغیر به صورت جداگانه به قرار زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

- پیشرفت فنی سبز

در این تحقیق، با استفاده از مدل (Acemoglu et al., 2012a) و بسط آن فرض می‌شود که تولید یک شرکت از تابع تولید CES پیروی می‌کند؛ سرمایه و نیروی کار به عامل تولید X تعلق دارند، در حالی که انرژی و آلودگی به عامل محیط‌زیست E تعلق دارند. هر دو عامل، برای افزایش تولید و توسعه اندازه بنگاه، ضروری هستند، در حالی‌که عوامل محیط‌زیستی می‌توانند مصرف انرژی و کاهش آلودگی را بهبود بخشند. شرکت‌ها در نبود کاهش انرژی قادر به تولید نیستند. بنابراین، تابع تولید یک بنگاه به صورت زیر فرض می‌شود:

$$Y_{it}=[(1-\theta)(XTP_{it}X_{it})^{p}+\theta(GTP_{it}E_{it})^{p}]^{\frac{1}{p}},\qquad \theta\in(0,1) \tag{۱۲}$$

Y، خروجی بنگاه را نشان می‌دهد؛ XTP و GTP به ترتیب، پیشرفت فنی مبتی بر تولید و پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست را نشان می‌دهند؛ θ، چگالی محیط‌زیستی است، که به وسیله تاثیر یک واحد عامل تولید بر محیط‌زیست اندازه‌گیری می‌شود، و با استفاده از روش حداقل مربع غیرخطی قابل برآورد است؛ p، پارامتر جانشینی بین عامل تولید و عامل محیط‌زیست است و می‌توان با استفاده از روش حداقل مربعات، آن را تخمین زد؛ i، نشان‌دهنده صنعت است؛ و t زمان را نشان می‌دهد. پس، می‌توان تورش نمایی پیشرفت فنی محیط‌زیستی را به‌صورت زیر به‌دست آورد:

$$\Pi=\frac{1}{TRS}\frac{\partial TRS}{\partial(GTP/XTP)}\frac{d(GTP/XTP)}{dt}=p\left[\frac{XTP}{GTP}\right]\frac{d(GTP/XTP)}{dt} \tag{۱۳}$$

Π، تورش نمایی پیشرفت فنی و TRS، نرخ نهایی جانشینی فنی عامل محیط‌زیستی و عامل تولیدی را نشان می‌دهند. تحت شرایط رقابت کامل در بازار، زمانی که عامل نرخ بازده و تولید نهایی برابر هستند، می‌توان رابطه زیر را به دست آورد:

$$\frac{e}{x}=\frac{\partial Y/\partial E}{\partial Y/\partial X}=\frac{\theta}{1-\theta}\left[\frac{X}{E}\right]^{1-p}\left[\frac{GTP}{XTP}\right]^{p} \tag{۱۴}$$

e و x به ترتیب، نرخ بازده عامل محیط‌زیستی و عامل تولیدی را نشان می‌دهند. پس، عبارات دانش تولید و دانش محیط‌زیستی به صورت زیر خواهند بود:

(۱۵)

$$XTP=\frac{Y}{X}\left[\frac{xX}{(1-\theta)(xX+eE)}\right]^{\frac{1}{p}}=\frac{Y}{X}\left[\frac{1-s}{1-\theta}\right]^{\frac{1}{p}}$$

$$GTP=\frac{Y}{E}\left[\frac{eE}{\theta(xX+eE)}\right]^{\frac{1}{p}}=\frac{Y}{E}\left[\frac{S_t}{\theta}\right]^{\frac{1}{p}} \tag{۱۶}$$

S، سهم درآمد عامل تولید را نشان می‌دهد. قبل از محاسبه پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست و مبتی بر تولید لازم است قابلیت نرخ بازگشت جانشینی میان عوامل و شدت محیط‌زیستی محاسبه شود. با پیروی از Klump et al. (2007) این پارامترها با استفاده از روش سیستم استانداردشده سه معادله‌ای طرف عرضه، برآورد می‌شود. این رویکرد می‌تواند از نتایج برآورد ناپایدار بدست آمده به وسیله برآورد تابع CES، اجتناب کند. با در نظر گرفتن این موضوع که نرخ رشد دانش‌های مبتی بر تولید و مبتنی بر به محیط‌زیست ممکن است در طول مراحل مختلف متفاوت باشند، چنین فرض می‌شود که نرخ رشد پیشرفت فنی، تابعی پیوسته است و سیستم استانداردشده سه معادله‌ای به صورت زیر ایجاد می‌گردد:

$$\begin{cases}\log\left(\frac{Y}{\overline{Y}}\right)=\log(\xi)+\frac{1}{p}\log\left[(1-\theta)\left(\frac{XTP\times X}{\overline{GTP}\,\overline{E}}\right)^{p}\right]+\varepsilon_1;\\ \log\left(\frac{eE}{Y}\right)=\log(\theta)+p\log(\xi)+p\log\left(\frac{GTP}{\overline{GTP}}\right)+p\log\left(\frac{Y/\overline{Y}}{E/\overline{E}}\right)+\varepsilon_2;\\ \log\left(\frac{xX}{Y}\right)=\log(1-\theta)+p\log(\xi)+p\log\left(\frac{XTP}{\overline{XTP}}\right)+\log\left(\frac{Y_t/\overline{Y}}{X/\overline{X}}\right)+\varepsilon_3\end{cases} \tag{۱۷}$$

$$XTP = \overline{XTP}g_x(t), \qquad GTP = \overline{GTP}g_e(t) \qquad (۱۸)$$

$$g_1(t) = \frac{\gamma_1}{\lambda_1}\bar{t}\left[\left(\frac{t}{\bar{t}}\right)^{\lambda_1} - 1\right],\ g_k(t) = \frac{\gamma_k}{\lambda_k}\bar{t}\left[\left(\frac{t}{\bar{t}}\right)^{\lambda_k} - 1\right] \qquad (۱۹)$$

$g_x(t)$ و $g_e(t)$، به ترتیب، نرخ رشد دانش تولید و دانش محیط‌زیست را نشان می‌دهند؛ $\overline{Y}$، $\overline{X}$، $\overline{E}$ و $\bar{t}$، به ترتیب میانگین نمونه تولید، عامل تولید، عامل محیط‌زیست و زمان هستند؛ ξ، عامل مقیاس معرفی شده است؛ γ_x و γ_e، به ترتیب پارامترهای رشد دانش تولید و دانش محیط‌زیست را نشان می‌دهند؛ λ_x و λ_e، تحدب دانش تولید و دانش محیط‌زیست هستند؛ و ε، عامل خطا است.

- تجارت دانش

تجارت دانش می‌تواند به کشورهای در حال توسعه کمک کند تا بهره‌روی عوامل تولید خود را بهبود بخشد و پیشرفت فنی‌شان را تسهیل کنند، بنابراین موجب کاهش مصرف منابع‌طبیعی و آلودگی محیط‌زیستی و ترغیب رشد اقتصادی سبز، می‌شود. کشورهای در حال توسعه لازم است دانش را از کشورهای توسعه یافته خریداری کنند و سپس آن را به نیروی تولید تبدیل کنند. بنابراین، هنگام بررسی تجارت دانش بین کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته، نه تنها کمیت تجارت، بلکه توانایی جذب تجارت دانش در کشورهای واردکننده نیز باید در نظر گرفته شود. به علاوه، ویژگی دیگری که تجارت دانش و تجارت کالاهای نرمال را از هم تفکیک می‌کند، وجود تجارت دانش غیرمستقیم بر مبنای واردات دانش خارجی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، و تجارت واردات کالاهای تولید شده، است. واردات دانش خارجی، R^D، به تجارت دانش مستقیم تعلق دارد. این تجارت شیوه‌ای است که بر اساس آن شرکت‌ها، نهادها یا واحدهای تحقیقاتی در یک کشور یا منطقه، دانش‌های پیشرفته را از کشورهای خارجی به دست می‌آورند. تجارت دانش مستقیم، منبع اصلی تجارت دانش است که به وسیله مجموع مخارج وارد کردن دانش‌های خارجی توسط موسسات صنعتی اندازه‌گیری می‌شود که بالاتر از اندازه تخصیص داده شده و هزینه جذب دانش‌های خارجی وارد شده، است. با استفاده از داده‌های تجارت دانش مستقیم دریافت می‌شود که کل مخارج وارد کردن دانش‌های خارجی توسط شرکت‌هایی که بالاتر از اندازه تخصیص داده شده هستند، هر سال افزایش پیدا کرده است اما، نوع دانش وارد شده در گذر زمان تغییر کرده است. قبلا پیشرفت فنی مبتنی بر تولید بیشتر از پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست بود، اما این موقعیت بعدا برعکس شده است. هدف اصلی در گذشته افزایش بازده و بهبود GDP بوده، و اثر قیمت منجر به تورش (اریب) پیشرفت فنی به سمت عوامل تولید شد. اما، با پیوستن به WTO، الزامات شدیدتری برای محافظت از محیط‌زیست در برابر محصولات داخلی اعمال شد، که کشورها را مجبور می کند تا به بررسی محتوی آلودگی محصولاتشان بپردازد. بنابراین، بیشتر دانش‌های مبتنی بر به محیط‌زیست وارد شدند. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی شکل دیگری از تجارت دانش است. سرمایه‌گذاران، بیشتر به انتقال دانش‌های پیشرفته تمایل دارند تا به مزیت رقابتی در بازار دست پیدا کنند. شرکت‌های چندملیتی کارکنان داخلی خود را آموزش می‌دهند تا در زمینه دانش‌های پیشرفته مهارت پیدا کنند، زمانی که این کارکنان به کشورهای میزبان بروند توسط بنگاه‌های داخلی جذب می‌شوند. این کار موجب افزایش جریان فراملی دانش می‌شود. از سرریز تحقیق و توسعه، به دلیل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری سرریز دانش در سطح تجارت و سرمایه انسانی نسبی جهت بیان توانایی جذب دانش یک کشور، استفاده می‌شود. این مدل به صورت زیر بیان شده است:

$$R^{FDI} = \frac{FDI}{K} \times RD \times HR = \frac{FDI}{K} \times RD \times HI \times HF \qquad (۲۰)$$

R^{FDI}، مقدار سرریز تجارت دانش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را نشان می‌دهد؛ FDI، نشان دهنده سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی است؛ K، شکل‌گیری سرمایه ثابت ناخالص کشور میزبان است؛ R^D، ورودی تحقیق و توسعه کشور میزبان را نشان می‌دهد؛ HR، به منزله توانایی جذب دانش خارجی کشور میزبان است، به‌طور ی که بوسیله محصول شاخص سرمایه انسانی داخلی و شاخص استفاده از سرمایه انسانی خارجی توسط کشور میزبان بیان شده است، که با مطالعات (Barro & Lee, 2010) سازگار است. تجارت واردات نیز شیوه جذب سرریزهای فنی است. شرکت‌های داخلی با وارد کردن محصولات پیشرفته می‌توانند دانش‌های کلی یا جزئی را به دست آوردند. اما، توانایی یادگیری دانش‌های پیشرفته از محصولات پیشرفته توسط سرمایه انسانی محدود است. هر چه سرمایه انسانی بالاتر و کارامدتر باشد، بهره بردن از سرریز دانش آسان‌تر است. از منابع تحقیق و توسعه جهت اندازه‌گیری سرمایه‌گذاری شرکت‌ها در زمینه سرمایه انسانی، استفاده می‌شود. سپس، سرریز تجارت واردات به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$R^{import} = \frac{m}{\nu} \times HR \times RD \quad (۲۱)$$

R^{import}، سرریز تجارت دانش در تجارات واردات محصولات تولید شده، به استثناء واردات محصولات سطح پایین و مواد خام با محتوای فنی پایین، است؛ m، واردات کشور میزبان است؛ و ν، ارزش افزوده صنعتی است.

از طریق واردات مستقیم دانش تنها می‌توان دانش متمایل به محیط‌زیست را بهبود بخشید. نه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نه واردات نمی‌توانند موجب بهبود سطح دانش محیط‌زیستی شوند. سرریز فنی و مهندسی معکوس نیازمند سرمایه انسانی کارامد و با دانش زیاد است. می‌توان استدلال کرد که چنین موقعیتی به دلیل آن است که سطح فنی داخلی خیلی بالا نیست. بنابراین، مدل پنلی دینامیک به‌صورت زیر ایجاد می‌شود:

$$\ln gGDP_{it} = \alpha_{\circ} + \alpha_1 GTP_{it} + \alpha_2 R_{it} + \alpha_3 GTP_{it} \times KT_{it} + \beta Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۲۲)$$

gGDP، شاخص توسعه پایدار را نشان می‌دهد؛ GTP، به منزله پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست است؛ R، نشان‌دهنده تجارت دانش است؛ Z، بردار متغیرهای کنترلی است؛ i، نشان‌دهنده صنعت است؛ t، زمان را نشان می‌دهد؛ و ε، عبارت خطای تصادفی است. در این معادله، عبارت تعاملی دانش محیط‌زیستی و تجارت دانش جهت مشاهده تاثیر تجارت دانش بر توسعه پایدار تحت برخی شرایط فنی محیط‌زیستی معرفی می‌شود. در ادامه، متغیرهای کنترلی اضافه شده جدید توصیف می‌شود.

- متغیر کنترلی مزیت رقابتی (RCA)

جهت اندازه‌گیری درجه جذب بهتر تجارت دانش توسط کشورهای میزبان، شاخص مزیت رقابتی به عنوان متغیر کنترلی معرفی می‌گردد. اگر کشور میزبان مزیت رقابتی در یک صنعت نداشته باشد، آنگاه، این صنعت عمدتاً به واردات محصولات خارجی پیشرفته می‌پردازد تا ناکارآمدی‌اش را جبران کند و توانایی‌اش برای جذب سرریز فنی را همراه با پیشرفت تجارت دانش، بهبود بخشد. ابتدا شاخص مزیت رقابتی تجارت محاسبه می‌شود، که معطوف به شاخص مزیت رقابتی پیشنهاد شده توسط Balassa, 1965) (می باشد. فرمول محاسبه به صورت زیر است:

$$RCA = \frac{X_{it} / \sum X_{it}}{X_{it}^{w} / \sum X_{it}^{w}} \quad (۲۳)$$

X_{it}، صتادرات محصول i در کشـور مبـدا در سـال t را نشـان می‌دهد، و $\sum X_{it}$، مجموع آن است. X_{it}^{W}، صادرات محصول i در سال t را نشان می‌دهد و $\sum X_{it}^{w}$، مجموع آن است. اگر $RCA < ۱$ باشد، آنگاه صادرات محصول i در سال t کمتر از میانگین جهانی آن است، و این محصول هیچ بازده رقابتی ایجاد نمی‌کند. به طور مشابه، اگر $RCA > ۱$ باشد، صادرات محصول i در سال t بالاتر از میانگین جهانی است، و این محصول مزیت رقابتی ایجاد می‌کند.

- متغیر کنترلی سهم سرمایه (K)

متغیر سهم سرمایه بوسیله مجموع سرمایه ثابت بنگاه‌هایی که در تملک دولت هستند، بنگاه‌های خصوصی و شرکت‌های سرمایه‌گذاری خارجی در هر صنعت، بیان شده است. از آنجا که افزایش در سهم سرمایه منجر به کارائی بیشتر در جذب دانش می‌شود، ابتدا تخمین زده می‌شود که ضریب مربوط به شاخص سهم سرمایه مثبت باشد.

- متغیر کنترلی سطح رفاه اجتماعی (Welf)

سطح رفاه اجتماعی، *Welf*، بوسیله تعداد شرکت‌کنندگان در بیمه بیکاری، بیان شده است. اگر افراد زیادی در بیمه بیکاری جای بگیرند، موسسات سرمایه کافی برای ارایه تضمینات زندگی به کارگران دارند. بنابراین، ابتدا ضریب این شاخص مثبت در نظر گرفته می‌شود.

- متغیر کنترلی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بوسیله سرمایه انبوه شرکت‌های خارجی در هر سال، بیان شده است. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند سهم سرمایه صنعتی را افزایش دهد و موجب اشتغال شود و سفارش بیشتری برای بنگاه‌های داخلی به همراه داشته باشد تا تقاضا برای محصول افزایش پیدا کند. اما، اگرچه دانش‌های پیشرفته و تجربه مدیریتی توسط بنگاه‌های خارجی به بنگاه‌های داخلی آورده شده است، ولی بهبود درجه رقابتی شرکت‌های داخلی و تحرک اقتصاد، موجب افزایش رقابت در میان بنگاه‌های داخلی شده و بر سهم بازار داخلی تاثیر گذاشته، و تاثیری منفی بر توسعه پایدار داشته است. بنابراین، تاثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر توسعه پایدار کشور میزبان را نمی‌توان پیش‌بینی کرد. در نهایت توصیف آماری هر متغیر در جدول (۱) به شرح زیر ارایه شده است.

یافته‌های پژوهش

جدول (۱): آمار توصیفی متغیرها

نماد متغیرها	متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	ضریب برآوردی
Ln gGDP	توسعه پایدار	۲۲۰	۵/۵۲	۵/۱۲	/
GTP	پیشرفت فنی متمایل به محیطزیست	۲۲۰	۰/۴۱	۰/۳۴	؟
R^D	تجارت دانش مستقیم	۲۲۰	۰/۰۶۲	۰/۰۵۶	+
R^{FDI}	تجارت دانشFDI	۲۲۰	۰/۳۵	۰/۱۴۳	؟
R^{import}	تجارت دانش در واردات	۲۲۰	۰/۵۱	۰/۱۳۲	+
GTP× R^D	تعاملی R^D	۲۲۰	۰/۰۳۲	۰/۰۲۸	؟
GTP× R^{FDI}	تعاملی R^{FDI}	۲۲۰	۰/۱۴	۰/۰۵۴	؟
GTP× R^{import}	تعاملی R^{import}	۲۲۰	۰/۲۱	۰/۰۴۹	؟
RCA	مزیت رقابتی	۲۲۰	۰/۷۸	۰/۳۹	–
lnK	سهم سرمایه	۲۲۰	۴/۳۱	۴/۴۳	+
Lnwelf	سطح رفاه اجتماعی	۲۲۰	۲/۴۳	۳۲.۲	+
lnFDI	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	۲۲۰	۴/۲۸	۴/۳۸	؟

تجزیه و تحلیل نتایج برآورد مدل با تخمین‌زننده GMM

الگوی (۱۱) نشان می‌دهد که بهبود شاخص توسعه پایدار می‌تواند بر ذخیره انرژی و توانایی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ایی و آلودگی محیطزیست، همراه با افزایش تمرکز بر توسعه هماهنگ شده اقتصاد و محیطزیست، تاثیر بگذارد. از این‌رو، پیشرفت فنی متمایل به محیطزیست می‌تواند شبیه‌سازی شود. نتایج برآوردها بوسیله روش OLS ممکن است اریب‌دار و غیریکنواخت باشد و متغیر E توضیح داده شده ممکن است با جملات خطای باقیمانده این مدل همبستگی داشته باشد. بنابراین، برای بررسی درون‌زایی بالقوه، از روش GMM برای برآورد استفاده می‌شود. متغیرهای کنترلی در این مدل جهت بهبود پایداری نتایج معرفی شده‌اند. نتایج برآورد GMM در جدول‌های (۲ و ۳) ارایه شده‌اند.

جدول (۲): نتایج الگوهای رگرسیونی (متغیر وابسته: توسعه پایدار)

متغیرها	Differential GMM	Differential GMM	Differential GMM
C	۳/۷۸۴***	۴/۰۳۸***	۵/۵۸***
GTP	۰/۱۱*	۰/۰۶۷*	-۰/۷۸*
R^D	۰/۸۸**	–	–
R^{FDI}	–	-۰/۶۹***	–
R^{import}	–	–	۰/۲۰۱**
GTP× R^D	۰/۲۴*	–	–
GTP× R^{FDI}	–	۰/۱۴۱*	–
GTP× R^{import}	–	–	۰/۰۹۸*
RCA	-۰/۱۸*	-۰/۳۱**	-۰/۲۱*
K	۰/۶۱***	۰/۳۹***	۰/۶۰۱***
Welf	۰/۰۰۲۱***	۰/۰۰۲۱***	۰/۰۰۲۳***
FDI	-۰/۰۷۸**	-۰/۰۸۷**	-۰/۰۷۱**
AR(1)	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۲۲
P	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۸۷
Hansen test	۱۱/۵۶	۱۳/۸۷	۱۲/۴۳
P	۱	۱	۱

*، ** و *** به ترتیب، نشان دهنده سطح معناداری ۱۰، ۵ و ۱ درصد هستند.

جدول (۳): نتایج الگوهای رگرسیونی(متغیر وابسته : توسعه پایدار)

متغیرها	Systematic GMM	Systematic GMM	Systematic GMM
C	۲/۲۳***	۲/۳۴***	۲/۱۹***
GTP	۰/۱۶۸**	۰/۱۷۱*	۰/۱۶۲*
R^D	۰/۹۹***	–	–
R^{FDI}	–	−۰/۵۸***	–
R^{import}	–	–	۰/۳۴***
GTP× R^D	۰/۱۹۷*	–	–
GTP× R^{FDI}	–	۰/۲۸*	–
GTP× R^{import}	–	–	۰/۲۰۱*
RCA	−۰/۴۳**	−۰/۳۳*	−۰/۳۱**
K	۰/۶۱***	۰/۵۶***	۰/۶۰***
Welf	۰/۰۰۴۲***	۰/۰۰۴۶***	۰/۰۰۳۹***
FDI	−۰/۰۷۹**	−۰/۰۷۳**	−۰/۰۹۷***
AR(1)	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۴۶
P	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۸۹
Hansen test	۱۴/۶۵	۱۴/۹۸	۱۴/۹۹
P	۱	۱	۱

*، ** و *** به ترتیب، نشان دهنده سطح معناداری ۱۰، ۵ و ۱ درصد هستند.

از جدول (۳) می‌توان استنباط کرد که پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست تاثیر مثبت و معناداری بر توسعه پایدار دارد، و نشان‌دهنده این موضوع است که توسعه دانش محیط‌زیستی، در مرحله افزایش بازده مقیاس است و حوزه بیشتری برای توسعه پایدار وجود دارد. واردات مستقیم دانش نیازمند مقدار زیادی سرمایه است، که مزیت واردات دانش را از هزینه این فرصت در کوتاه‌مدت، کمتر می‌سازد. بنابراین، واردات مستقیم دانش در مرحله اولیه، به‌طور معنی‌داری به بهبود توسعه پایدار کمک نمی‌کند. در سطح اقتصاد خرد، دانش‌های وارد شده باید با دانش‌های موجود مطابقت داشته باشند، که نیازمند انطباق با دانش تولید جدید و آموزش اپراتورهای دانش جدید است. عملکرد مناسب کل این فرایند مستلزم زمان است، که ممکن است گاهی منجر به پسماند شود. سرریز تجارت دانش از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تاثیر منفی معناداری بر توسعه پایدار داشت، که منعکس‌کننده فقدان نوآوری مستقل در موسسات است. به علاوه، بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های خارجی به دنبال منابع هستند یا از مقررات محیط‌زیستی این کشور بهره می‌برند، که به آنها اجازه می‌دهد ایجاد آلودگی کنند، چون ایجاد آلودگی در کشورهای توسعه یافته به دلیل مقررات سفت و سخت محیط‌زیستی ممنوع شده است. بنابراین، تولیدات آلوده‌کننده اغلب به کشورهایی منتقل شده است، که در آنجا مقررات محیط‌زیستی سست هستند. در مدل ارایه شده، سطح توسعه پایدار از طریق ارزیابی جامع رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیستی اندازه‌گیری می‌شود. ضریب رگرسیون این شاخص منفی است. دو شرط اصلی برای به دست آوردن دانش وارد شده لازم‌اند. یک شرط، وارد کردن محصولاتی با سطح دانش نسبتاً بالاتر است و شرط دیگر استخدام افراد حرفه‌ای است که بتوانند چنین دانش‌هایی را جذب کنند. به دلیل تمرکز فزاینده بر آموزش، کارایی سرمایه انسانی سریعاً افزایش پیدا می‌کند. دانشجویان و متخصصانی که بعد از اتمام تحصیلاتشان به کشور باز می‌گردند به بهبود سطح دانشی کشور و تجربه مدیریتی کمک می‌کنند. بنابراین در این ارتباط کشورها به تدریج به متخصص دانش‌های ضمنی در کالاهای تولید شده پیشرفته تبدیل می‌شوند که وارد می‌کرده‌اند. اما، چون برای کشورهای واردکننده خیلی دشوار است تا از طریق مهندسی معکوس دانش‌های وارد شده به دانش برسند، سهم واردات در سه شکل تجارت بحث شده در این مطالعه خیلی کم است. عبارت تعاملی پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست و تجارت دانش نشان می‌دهد، تحت برخی شرایط توانایی جذب دانش محیط‌زیستی، سطح توسعه پایدار می‌تواند صرف‌نظر از نوع تجارت دانش، به طور مستقیم، یا به وسیله واردات تجارت دانش از طریق سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، یا از طریق

واردات، بهبود پیدا کند. اما، ضریب رگرسیون سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، معنی‌دار و منفی است، که نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به تنهایی برای توسعه هماهنگ محیط‌زیست و اقتصاد مساعد نیست. این یافته هم راستا با نتیجه‌گیری بسیاری از مطالعات موجود است. در این تحقیق، با ترکیب بهبود فنی ناشی از سرمایه‌گذاری خارجی و توانایی داخلی جذب دانش محیط‌زیستی، نتیجه متفاوتی حاصل می‌شود تحت شرایط خاص، سرمایه‌گذاری خارجی برای توسعه هماهنگ اقتصاد و محیط‌زیست، مفید است. ضرایب رگرسیون حجم سرمایه و سطح رفاه اجتماعی مثبت هستند، که با فرضیه اولیه تحقیق سازگار است. در ادامه با دسته‌بندی بنگاه در هر صنعت بر اساس اندازه آنها، تحقیق روند کامل‌تری گرفته، تا درجه تاثیر تجارت دانش و پیشرفت فنی سبز بر توسعه پایدار مشاهده گردد. در الگوی رگرسیون مقدماتی، ضرایب هر سه نوع تجارت همگی معنادار بودند. بنابراین، تنها از تجارت دانش R^D به عنوان متغیر، استفاده می‌شود. با توجه به جدول (۴)، مشاهده می‌شود که تاثیر پیشرفت فنی سبز بر توسعه پایدار هنوز مثبت و معنی‌داری است، و این به معنای آن است که نتیجه‌گیری‌های رگرسیون اصلی پایدار بودند. اما، بعد از دسته‌بندی بنگاه‌ها بر اساس اندازه بنگاه، مشاهده شد که درجه تاثیر پیشرفت فنی سبز بر توسعه پایدار، متغیر است. همچنین یافت شد که تاثیر پیشرفت فنی سبز بر توسعه پایدار در بنگاه‌های بزرگ و با اندازه متوسط نسبت به بنگاه‌های کوچک، بیشتر است، و هیچ تعاملی بین پیشرفت فنی سبز و توسعه پایدار در بنگاه‌های خُرد وجود نداشت. این موضوع شاید به دلیل آن باشد که تولید در بنگاه‌های بزرگ و متوسط نیازمند آن است که نه تنها سود بنگاه، بلکه مسئولیت اجتماعی و محافظت از محیط‌زیست نیز در نظر گرفته شود، چون تخلیه آلودگی آنها به مراتب بزرگتر از بنگاه‌های کوچک است. بنگاه‌های بزرگ و متوسط که پیشرفت فنی سبز خود را ارتقاء داده‌اند، به لحاظ اجتماعی رفتار مسئولانه‌تری نشان داده‌اند. اما، بنگاه‌های کوچک و خُرد به ندرت به بهبود نوآوری‌های دانش سبز توجه کرده‌اند، چون آنها به لحاظ مقررات محیط‌زیستی دولتی تحت فشار کمتری قرار دارند. بنابراین آنها می‌توانند سرمایه بیشتری در زمینه تولید و تحقیق و توسعه صرف کنند تا اجرای ملایم عملیات‌های‌شان تضمین شود.

جدول (٤): آزمون پایداری (متغیر وابسته: سطح توسعه پایدار)

متغیرها	Large enterprises	Medium-sized enterprises	Small enterprises	Microenterprises
C	۲/۵۶***	۲/۴۳***	۲/۷۸***	۳/۶۸***
GTP	۰/۳۷**	۰/۲۷**	۰/۱۲*	۰/۰۰۲
R^D	۰/۳۱***	۰/۱۵***	۰/۱۱	۰/۱۷
GTP× R^D	۰/۱۱***	۰/۱۷***	۰/۱۲	۰/۱۱
RCA	−۳/۴۶***	−۱/۱***	۱/۰۱*	۲/۵۴**
K	۰/۴۱***	۰/۳۱***	۰/۴۱***	۰/۶۲***
Welf	۰/۰۰۲***	۰/۰۰۲***	۰/۰۰۲***	۰/۰۰۳***
FDI	−۰/۶۳**	−۰/۵۲**	−۰/۶۴***	−۰/۱۲***
AR(1)	−/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۲
P	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۸۸
Hansen test	۱۱/۴۵	۱۲/۶۹	۱۳/۳۴	۱۲/۲۳
P	۱	۱	۱	۱

*، ** و *** به ترتیب، نشان‌دهنده سطح معناداری ۱۰، ۵ و ۱ درصد هستند.

= بنگاه‌های خُردMicro-enterprises = بنگاه‌های کوچک؛ Samll enterprises = بنگاه‌های متوسط؛ Medium-sized enterprises = بنگاه‌های بزرگ؛ Large enterprises

با توجه به واردات مستقیم دانش، هنوز هم فاصله قابل توجهی بین بنگاه‌های بزرگ و متوسط، و بنگاه‌های کوچک و خُرد، وجود دارد. ضرایب R^D بنگاه‌های بزرگ و متوسط به‌طور معنی‌داری مثبت به دست آمدند، که نشان می‌دهد این بنگاه‌ها نسبت به بهبود کارکنان تحقیق و توسعه دانش سبز علاقمندتر هستند، تا به ذخیره انرژی و کاهش مصرف انرژی کمک کنند. اما، ضرایب رگرسیون بنگاه‌های کوچک و خُرد معنادار نبودند. از منظر مزیت رقابتی، اگر چه بنگاه‌های بزرگ و متوسط در این صنعت در موقعیت برتری قرار دارند، اما انگیزه آنها برای یادگیری دانش‌های پیشرفته از دیگر بنگاه‌ها در همان صنعت به‌طور بر عکس متوقف شده است. از

طرف دیگر، بنگاه‌های کوچک و خُرد، انگیزه قوی‌تری برای یادگیری در این صنعت داشتند، و ضرایب رگرسیون آنها مثبت بود.

بحث و نتیجه‌گیری

کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه می‌توانند از طریق تجارت دانش موجب تحقق بهبود تکنولوژی و بهبود شرایط اقتصادی شوند. کشورهای توسعه یافته عمدتا به صادرات تکنولوژی و دانش متمایل به محیط‌زیست می‌پردازند، در حالی که کشورهای در حال توسعه، دانش و تکنولوژی متمایل به تولید را وارد می‌کنند. اما، بین این مدل و واقعیت، اختلاف ناگزیری وجود دارد. در کشورهای توسعه یافته، مقررات محیط‌زیستی خیلی سفت و محکم هستند و لازم است توسعه تکنولوژی‌های متمایل به محیط‌زیست سبز و پایدار ادامه دهند. در حالی که تکنولوژی‌های مبتنی بر تولید، همیشه با تخلیه آلودگی همراه است؛ کشورهای توسعه یافته ممکن است تصمیم بگیرند که تکنولوژی مبتنی بر تولید را از کشورهای در حال توسعه وارد نکنند، اما به آسانی تولید را برونسپاری کنند. این موضوع ممکن است به تدریج باعث شود کشورهای در حال توسعه به وارد کردن دانش از کشورهای توسعه یافته بپردازند. در این ارتباط تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر تجارت دانش بر توسعه پایدار با رویکرد پیشرفت مبتنی بر محیط‌زیست، یک مدل نظری در خصوص تجارت دانش، پیشرفت‌های مبتنی بر محیط‌زیست و توسعه پایدار ارایه می‌کند. جهت بررسی تاثیر سه نوع تجارت دانش (واردات مستقیم فناوری، سرریزهای فناوری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مهندسی معکوس محصولات وارداتی) بر توسعه پایدار، از مدل اقتصادسنجی GMM در دوره زمانی ۱۳۹۱– ۱۴۰۱ و ۱۵ صنعت استفاده شده است. بنابراین بر اساس نظریه رشد جدید، تحقیق حاضر مدل تجارت دانش، پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست و توسعه پایدار را ایجاد و با برآورد مدل‌های اقتصادسنجی فوق‌الذکر نشان داد که تجارت دانش، باعث بهبود پارتو[۵] برای هر دو طرف تجاری می‌شود. برخلاف واردات و صادرات کالاهای معمولی، تجارت دانش فرآیندی است که از طریق آن کشورهای واردکننده فناوری‌ها و تجربه مدیریتی جدید را به دست می‌آورند. بنابراین، این سیستم باید نه تنها کمیت تجارت دانش، بلکه توانایی کشورهای واردکننده برای جذب دانش جدید را نیز در نظر بگیرد. تجزیه‌وتحلیل تجربی نشان می‌دهد که تجارت دانش برای پیشرفت فنی مبتنی بر تولید نسبت به پیشرفت فنی متمایل به محیط‌زیست، مفیدتر است؛ این نتیجه از نتیجه‌گیری (Su & Moaniba, 2017) متفاوت است. دانش‌های متمایل به محیط‌زیست تنها زمانی می‌توانند به‌طور موثر بهبود پیدا کنند که شرکت‌ها بالاتر از اندازه تخصیص داده شده، فناوری را از کشورهای توسعه یافته وارد می‌کنند. این بدان دلیل است که تجارت دانش به‌طور ویژه با تولید کالا و ارزش محصول نهایی مرتبط است، و زمانی که قیمت محصولات از طریق بازار محصول به بازار عامل تولید منتقل شده باشند، قیمت عوامل تولید افزایش پیدا می‌کند. این موضوع به ناچار منجر به افزایش تولید حاشیه‌ای عوامل تولید می‌شود، که به عنوان پیشرفت فنی مبتی بر تولید بیان شده است. به علاوه، کنترل شدید کشورهای توسعه یافته بر دانش‌های هسته‌ای در محصولات صادر شده باعث شده تا بهبود دانش مبتنی بر به محیط‌زیست از طریق کالاهای وارد شده دشوار باشد. همچنین نتایج نشان داد که اگر چه تجارت دانش به دست آمده از طریق سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تاثیر منفی بر توسعه پایدار دارد، اما زمانی که دانش مبتنی بر به محیط‌زیست به سطح خاصی برسد، می‌تواند اثر مثبتی داشته باشد. بنابراین، اگر چه اثرات تجارت دانش بر توسعه پایدار ممکن است محدود باشد، اما اگر توانایی نوآوری مستقل، ظرفیت جذب دانش، سطح فنی و تجربه مدیریتی بهبود یابد، اقتصاد می‌تواند در بلند مدت به رشد پایداری دست پیدا کند. لذا بر اساس نتایج حاصل، پیشنهاد می‌شود: الف. کشورها نباید بیش از حد به واردات فناوری خارجی وابسته باشند، بلکه به تدریج توانایی‌های تحقیقاتی و نوآوری مستقل خود را بهبود بخشد و شرکت‌های داخلی را تشویق به توسعه فناوری‌های اصلی و دانش فنی کنند. وابستگی به مسیر ناشی از واردات فناوری خارجی و رکود اقتصادی، محصول تغییرات محیط تجارت خارجی است. بنابراین نه تنها باید بر منافع کوتاه‌مدت تمرکز شود، بلکه باید به دنبال پیشرفت‌های فنی از طریق افزایش بودجه تحقیق و توسعه بود. دولت‌ها باید از طریق سیاست‌های مالیاتی ترجیحی، منابع را به سمت تحقیق و توسعه و آموزش هدایت کنند و به تدریج مقادیر مازاد دانش و سرمایه انسانی را انباشته نمایند. برای هماهنگی استفاده موثر از بودجه تحقیق و توسعه و آموزش، دولت‌ها نیاز به ایجاد یک سیستم تحقیقات علمی مرتبط و سیستم آموزشی برای بهبود کارایی دارد. ب. دولت‌ها باید بپذیرند که تاثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر رشد اقتصادی قابل توجه و معنادار است. بنابراین نیاز به حمایت مستمر از سرمایه‌گذاری خارجی و ارتقای هم زمان سطح دانش فنی داخلی و توانایی جذب

آن، یک الزام خواهد بود. در این ارتباط باید سیستمی برای کاهش سرمایه‌گذاری‌های خارجی کم‌مهارت، دانش‌افزایی کم، ارزش افزوده کم و با آلودگی بالا راه‌اندازی نماید و در عین حال سرمایه‌گذاری با فناوری بالا، ارزش افزوده بالا و سازگار با محیط‌زیست را تشویق کند. همچنین دولت‌ها باید سیاست‌های ترجیحی را برای تشویق ورود و جذب سرمایه‌گذاری‌ها از کشورهای پیشرفته و با دانش و تکنولوژی بالا، ارایه کنند از جمله می‌توان به عنوان مصداقی به حمایت و پشتیبانی از موسسات تحقیقاتی داخلی در زمینه تحقیق و توسعه و کسب دانش فنی به روز و جدید از طریق جذب سرمایه‌گذاری‌های مستقیم خارجی، به‌طور خاص از کشورهای با سطح دانش فنی بالا، اشاره نمود. و مهم‌تر این که سرمایه‌گذاری‌های خارجی باید به گونه‌ای هدایت شوند که با منابع محلی مطابقت داشته باشند و در نتیجه بهره‌برداری از آنها منجر به بهبودکارایی شود. همچنین باید سرمایه‌گذاران خارجی را تشویق نمود تا محصولات واسطه‌ایی محلی را خریداری و کارکنان فنی محلی را استخدام کنند تا اثر سرریز دانش سرمایه‌گذاری خارجی افزایش پیدا کند. ج. سرانجام، دولت‌ها باید از خرید محصولات خیلی آلوده‌کننده، با مصرف انرژی زیاد و ارزش افزوده کم، اجتناب نمایند. برای این منظور لازم است سطح سرمایه انسانی را بهبود بخشند. چرا که تجارت واردات تکنولوژی و دانش فنی عمدتاً از کشورهای واردکننده‌ایی صورت گرفته است که پایین‌ترین حد سرمایه انسانی را در زمینه توانایی جذب سرریز دانش از محصولات وارد شده، دارند. بنابراین، باید منابع آموزشی را بالا برد، سطح آموزش اجباری را بهبود بخشید، و از بستر شبکه‌ای برای گسترش کانال‌های آموزشی و به تدریج انباشت سرمایه انسانی، استفاده نمود. همچنین باید موسسات سرمایه انسانی بهبود پیدا کنند تا خود را با گام‌های سریع‌تر با سرریز دانش ناشی از واردات تطبیق دهند و تضمین کنند که به‌طور موثری این دانش را جذب کرده و آن را به نیروی مولد تبدیل می‌کنند. به علاوه، در خصوص محصولات دارای محتوی فنی بالا و تقاضای بازار داخلی، باید یادگیری به وسیله تقلید (مهندسی معکوس) هم‌زمان با واردات صورت بگیرد تا از وابستگی بیش از حد به واردات جلوگیری شود.

یادداشت‌ها

1. Malmquist-Luenbger (ML)
2. Sequential Malmquist-Luenberger (SML)
3. Brazil, Russia, India, China, and South Africa
4. Cobb-Douglas production function
5. Pareto

منابع

Acemoglu, D. 2003. Labor and capital-augmenting technical change. J. Eur. Econ. Assoc. 1 (1), 1 –37.

Acemoglu, D. 2007. Equilibrium bias of technology. Econometrica 75 (5), 1371 –1410.

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hemous, D., 2012a. The environment and directed technical change. Am. Econ. Rev. 102 (1), 131 –166.

Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D. & Kerr, W. 2012b. Transition to clean technology. In: MIT Working Paper.

Balassa, B. 1965. Trade liberalization and revealed comparative advantage. Manch. Sch. 33 (2), 99 –123.

Barro, R.J. & Lee, J.W. 2010. A New Data Set of Educational Attainment in the World (1950 –2010), NBER Working Paper No. 15902.

Billmeier, A. & Tommaso, N. 2007. Trade openness and growth: pursuing empirical glasnost. In: IMF Working Papers, pp. 1 –50.

Cao, B. & Wang, S. 2017. Opening up، international trade، and green technology progress in China. J. Clean. Prod. 142, 1002 –1012.

Chambers, R.G., Färe, R. & Grosskopf, S. 1996. Productivity growth in APEC countries. Pac. Econ. Rev. 1 (3), 181 –190.

Chen, C.S. & Hung, C.W. 2016. Elucidating the factors influencing the acceptance of green products: an extension of theory of planned behavior. Technol. Forecast. Soc. Chang. 112, 155 –163.

Chung, Y.H., Färe, R. & Grosskopf, S. 1997. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. J. Environ. Manag. 51 (3), 229 –240.

Copeland, B.R. & Taylor، M.S. 1994. North- south trade and the environment. Q. J. Econ. 109 (3), 755 –787.

Das, A. & Biru, P.P. 2011. Openness and growth in emerging Asian economies: evidence from GMM estimations of a dynamic panel. Econ. Bull. 31 (3), 2219 –2228.

Donghyun, O. & Almas, H.A. 2010. Sequential malmquist- luenberger productivity index: environmentally sensitive productivity growth considering the progressive nature of technology. Energy Econ. 32 (6), 1345-1355.

Edwards, S. 1998. Openness, productivity and growth: what do we really know? Econ. J. 108 (447), 383 –398.

Falvey, R., Greenaway, D. & Silva, J. 2010. Trade liberalization and human capital adjustment. J. Int. Econ. 81 (2), 230- 239.

Fujii, H. & Manage, S. 2016. Research and development strategy for environmental technology in Japan: a comparative study of the private and public sectors. Technol. Forecast. Soc. Chang. 112, 293- 302.

Grossman, G.M. & Krueger, A.B., 1991. Environmental impacts of a north American free trade agreement. In: NBER Working Papers No. W3914.

Grossman, G.M. & Elhanan, H. 1991. Trade، knowledge spillovers and growth. Eur. Econ. Rev. 35 (2), 517- 526.

Harrison, A. & Hanson, G. 1999. Who gains from trade reform? Some remaining puzzles. J. Dev. Econ. 51 (1), 125- 154.

Hausmann, R., Hwang, J. & Rodrik, D. 2007. What you export matters. J. Econ. Growth 12, 1- 25.

Henry, M., Kneller, R., Milner, C. & Girma, S. 2012. Do natural barriers affect the relationship between trade openness and growth? Oxf. Bull. Econ. Stat. 74 (1), 1- 19.

Kianto, A., Saenz, J. & Aramburu, N. 2017. Knowledge-based human resource management practices, intellectual capital and innovation. J. Bus. Res. 81, 11- 20.

Klump, R., McAdam, P. & Willman, A. 2007. Factor substitution and factor-augmenting technical progress in the United States: a normalized supply-side system approach. Rev. Econ. Stat. 89 (1), 183 –192.

Lall, S., Weiss, J. & Zhang, J. 2006. The 'sophistication' of exports: a new trade measure. World Dev. 34, 222 –237.

Li, H.B., Loyalka, P., Rozelle, S. & Wu, B.Z. 2017. Human capital and China's future growth. J. Econ. Perspect. 31 (1), 25 –48.

Long, V.N., Riezman, R. & Soubeyran, A. 2007. Trade، wage gaps، and specific human capital accumulation. Rev. Int. Econ. 15 (1), 75 –92.

Lovell, K. 2003. The decomposition of Malmquist productivity indexes. J. Prod. Anal. 20, 437 –458.

Rivera-Batiz, L. & Paul, M.R. 1991. International trade with endogenous technological change. Eur. Econ. Rev. 35 (4), 971 –1001.

Rodriguez, F. & Rodrik, D. 2000. Trade policy and economic growth: a skeptic's guide to the cross-national evidence. NBER Macroecon. Annu. 15 (1), 261 –325.

Rodrik, D. 2006. What's so special about China's exports? Chin. World. Econ. 14، 1 19.

Sachs, J. & Warner, A. 1995. Economic reform and the process of global integration. Brook. Pap. Econ. Act. 1995 (1), 1 –118.

Santos-Paulino, A.U. 2008. Export Productivity and Specialization in China، Brazil، India and South Africa. UNU-WIDER, United Nations University (UNU), No. 2008/28.

Scott, P.K. 2008. The relative sophistication of Chinese exports. Econ. Policy 23 (5), 49.

Sheng, B., 2002. Political and Economic Analysis of China's Foreign Trade Policy (in Chinese). Shanghai People's Publishing House, Shanghai.

Song, M. & Wang, S. 2013. How should developing countries cope with pollution-migration? an extended model of North-South trade and its numerical simulation. Energy Environ. 24 (6), 939 –951.

Su, H.N. & Moaniba, I.M. 2017. Does innovation respond to climate change? Empirical evidence from patents and greenhouse gas emissions. Technol. Forecast. Soc. Chang. 122, 49 –62.

Van Meijl, H. & van Tongeren, F. 1999. Endogenous international technology spillovers and biased technical change in agriculture. Econ. Syst. Res. 11 (1), 31 –48.

Wang, S.H. & Song, M.L. 2017. Influences of reverse outsourcing on green technological progress from the perspective of a global supply chain. Sci. Total Environ. 595، 201 –208.

Weldemicael, E. 2012. Determinants of export sophistication. In: Dissertation. The University of Melbourne.