

Sustainable and Responsible Management

The Journal of Sustainable Business

ISSN 2724-4466



Volume No. 3, Issue No. 2 - 2022

Abruzzese Salute ETS

sustainable-and-responsible-management.org

Journal Information

Editor-in-Chief

Michele Samuele Borgia

Managing and Responsible Editor

Maurizio Cirillo

Copy Editors

Stefano Cesinaro

Katia Di Tommaso

ISSN

2724-4466

Online since 18th November, 2020

With authorization from the Court of Pescara no. 1 year 2020

Copyright Holder

Abruzzese Salute ETS

Via Umberto I, 78/80

65010 Cappelle sul Tavo (PE)

Italy

Scientific Board

Michele Samuele Borgia

Editor-in-Chief

Adjunct Professor of Programming and Control

Department of Management and Business Administration

“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara

Members:

Michele Bigoni

Reader in Accounting

Kent Business School

University of Kent

Giuliana Birindelli

Full Professor of Financial Markets and Institutions

Department of Management and Business Administration

“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara

Irina Brumboiu

Full Professor of Epidemiology

Department of Epidemiology and Primary Health Care

“Iuliu Hațieganu” University of Cluj-Napoca

Massimo Cavino

Full Professor of Constitutional Law

Department of Economics and Business Studies

University of Eastern Piedmont

Stefano Coronella

Full Professor of Financial Accounting

Department of Economics and Business Studies

“Parthenope” University of Naples

Vincenzo Corsi

*Associate Professor of Sociology
Department of Management and Business Administration
“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara*

Enrico Deidda Gagliardo

*Full Professor of Public Performance Management
Department of Economics and Management
University of Ferrara*

Gabriele Di Francesco

*Former Associate Professor of General Sociology
Department of Management and Business Administration
“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara*

Fabio Di Paolo

*Lawyer registered with the Council of the Bar Association of Pescara
Advocate before the Higher Courts*

Francesca Di Virgilio

*Associate Professor of Organization Theory and Human Resources Management
Department of Economics
University of Molise*

Susanne Durst

*Full Professor of Entrepreneurship
Department of Business Administration
Tallinn University of Technology*

Sara Fontanella

*Lecturer in Biomedical Modelling
National Heart and Lung Institute
Imperial College London*

Luigi Ippoliti

Full Professor of Statistics

Department of Management and Business Administration

“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara

Cristina Ispas

Lecturer at UBB Center in Reșița

Faculty of Psychology and Educational Sciences

Babeș-Bolyai University of Cluj-Napoca

Piergiorgio Landini

Former Full Professor of Economic Geography

“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara

Salvatore Madonna

Full Professor of Accounting, Budget and Budget Analysis

Department of Economics and Management

University of Ferrara

Maria Cristina Marchetti

Full Professor of Political Sociology

Department of Political Sciences

Sapienza University of Rome

Ilaria Mariotti

Associate Professor of Urban and Regional Economics

Department of Architecture and Urban Studies

Polytechnic University of Milan

Paola Nardone

Full Professor of Economic History

Department of Philosophical, Pedagogical and Economic-Quantitative Sciences

“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara

Eugenia Nissi

Full Professor in Statistics

Department of Economics

“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara

Francesco Giuseppe Poddighe

Former Full Professor of Business Administration

University of Pisa

Alessandro Porrovecchio

Associate Professor in Sociology of Health

Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport, Santé, Société

Université du Littoral Côte d’Opale

Radovan Potůček

Associate Professor in Mathematics

Department of Mathematics and Physics

University of Defence, Brno

Alessandra Ricciardelli

Adjunct Professor of Organisation Studies and Public Management

Department of Economics

LUM Jean Monnet University of Casamassima (Bari)

Gianluca Risaliti

Full Professor of Business Administration

Department of Business and Economic Studies

“Parthenope” University of Naples

Claudia Salvatore

Full Professor of Accounting

Department of Business and Economic Studies

University of Molise

Luigi Sandirocco

*Adjunct Professor of Roman Law
Faculty of Law
University of Teramo*

Massimo Sargiacomo

*Full Professor of Business Economics
Department of Management and Business Administration
“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara*

Giovanni Schiuma

*Full Professor
Department of Management, Finance and Technology
LUM University*

Concezio Sciarra

*Former Full Professor of Social Science Methodology
“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara*

Edilio Valentini

*Full Professor of Public Finance
Department of Management and Business Administration
“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara*

Michela Venditti

*Full Professor of Business Economics
Department of Management and Business Administration
“G. d’Annunzio” University of Chieti-Pescara*

Roberto Verona

*Associate Professor of Business Economics
Department of Management and Business Administration
University of Pisa*

Editorial Board

Maurizio Cirillo

Managing and Responsible Editor

Members:

Stefano Cesinaro

Luigi Di Giosaffatte

Katia Di Tommaso

Franco Mastracci

Chiara Trulli

Table of Contents

Academic Research Papers

Competitiveness implication on human development. European region analysis efficiency <i>Camelia Silvia Di Piero</i>	<i>p. 10</i>
Volatility dynamics between green and sovereign bonds in Europe <i>Alessandra Ortolano, Eliana Angelini</i>	<i>p. 43</i>
How do cities go smart? Gli effetti derivanti dall'applicazione di tecnologie nei comuni italiani <i>Alessandra Ricciardelli, Alessia Palmisano</i>	<i>p. 55</i>

Academic Research Papers

Competitiveness implication on human development. European region analysis efficiency

Camelia Silvia Di Piero

Department of Management and Business Administration

University “G. d’Annunzio” of Chieti-Pescara

E-mail: dipierosilvia@gmail.com

Abstract

Since the Second World War, there has been a period of great economic growth which has led to a significant increase in Gross Domestic Product per capita (GDP), the intensification of economic exchanges and an increase in competitiveness to maintain the market shares achieved.

In such dynamic context, competitiveness, if correctly managed, can be an powerful engine to improve human well-being.

Knowledge of the level of human development thus becomes a critical variable to be analyzed in order to undertake policies aimed at improving the quality of life.

The analysis that will be carried out draws inspiration from the literature that dealt with comparative studies between the indicators related to competitiveness and those related to human development (HDI). In this sense, the article *The competitiveness of nations and implications for human development* (Ülengin et al., 2010) was a source of inspiration.

Starting from the competitiveness data, this work is meant to provide a picture of the European regions efficiency in their ability to translate a certain amount of competitiveness in human development.

The performance evaluation is made by the application of DEA (Data Envelopment Analysis), in which efficiency is the result of the combination of both competitiveness input (represented by basic sub-indices, efficiency sub-indices and competitiveness sub-indices) and human development output (represented by life expectancy at birth, education and per capita GDP).

Starting from the current efficiency levels, through the non-parametric technique of slack variables, the second step has been to project the outputs on a frontier. This has allowed to identify how inefficient countries can improve their human development performance.

Keywords – Competitiveness; Human development; Efficiency; NUTS 2; DEA VRS; Slack analysis

Paper type – Academic Research Paper

Sommario

Il presente articolo persegue l’obiettivo di indagare come la competitività di un paese possa tradursi in migliori condizioni di vita per i suoi abitanti. In un contesto sempre più sviluppato e competitivo, si

corre il rischio di creare una società che abbia come valori cardine la crescita economica a discapito dell'individuo e del suo benessere. Le questioni dello sviluppo umano, intese come processo di ampliamento delle possibilità umane che consenta agli individui di godere di una vita lunga e sana, sono state recentemente avanzate come l'obiettivo finale dell'attività umana. A tal fine sono stati analizzati i dati della competitività relativi all'anno 2019 e attraverso la DEA (Data Envelopment Analysis) si è valutata l'efficienza delle regioni dell'Unione Europea a trasformare la sua competitività in maggior sviluppo umano. Ciò che è emerso dall'analisi è che le regioni "emergenti" attraverso l'attuazione di adeguate politiche hanno maggiori margini di miglioramento nel trasformare la propria competitività in sviluppo umano rispetto alle economie sviluppate.

Parole chiave – Competitività; Sviluppo umano; Efficienza; NUTS 2; DEA VRS; Analisi slack

Tipo di articolo – Articolo accademico

Article history:

Received 5 July 2022

Received in revised form 31 August 2022

Accepted 12 October 2022

Available online

1 Introduction

Nowadays the noun “globalization” is declined in a politic, economic and social perspective, associated with “growth” in an economic context while in a social environment is more commonly linked with the concept of “development”.

It is important though to underline that these two nouns are not synonyms:

- Growth is a concept referring to the ability of an economic system to increase the availability of goods and services capable of satisfying the needs of a country. The more capacity a territory has in this sense, the more attractive and competitive it will be. Growth is usually quantified through Gross Domestic Product per capita (GDP).
- Development, on the other hand, includes elements of quality of life of a social and cultural nature. It is in this context that the Human Development Index takes hold, which evaluates a country based on:
 1. Longevity: in terms of the ability to live long and in good health;
 2. Knowledge: measured by the level of education;
 3. Access to resources as the end of a decent standard of living: measured through their per capita domestic product, expressed in US dollars at purchasing power parity.

Starting from these definitions is easy to understand how a country growth is part of a more complex development process.

The objective to be pursued with this study is to propose a methodology to objectively and efficiently analyze the relationship that is established between the competitiveness of a country and its human development. The analysis was carried out on the regions of the European Union (NUTS 2) by examining 197 regions. This measurement is first carried out by analyzing the clusters, then proceeding with the DEA (Data Envelopment Analysis) and slack analysis. The model used is output-oriented efficiency in which Regional Competitiveness Indicators (RCI) are taken as input variables and human development indicators as output variables.

2 Evaluation and competitiveness components: A brief review of the literature

The noun globalization, in its more general conception, identifies the expansion and the intensification of relations of exchange, traffic and communication beyond national borders (Habermas, 1996), it therefore refers to a process of growing interconnection of economic, political and cultural dynamics resulting in a reduction in the distances between individual states.

It is in a more and more interconnect context that was found the European Union. Established after the Second World War, it has been configured as an economic and political union of 27 member States with a supranational nature.

Among the formally declared purposes it is possible to identify the increase in the well-being of its citizens and the creation of a highly competitive market economy to make the most of the opportunities that globalization offers (TUE, Tit. I - Article 3).

Competitiveness, therefore, is essential to achieve efficiency objectives both in the field of research and innovation, and in terms of entrepreneurship and competition, education and training.

According with Professor Jan Fagerberg (Fagerberg, 1996) competitiveness indeed can be defined as the capacity of a country to ensure high life standard of living for its citizen not only in the short period but also in the long period. The author sustain also that two main roles are needed to achieve competitiveness: productivity in the short period and innovation in the long term.

To evaluate the competitiveness of each nation, non-profit foundations such as the WEF (World Economic Forum) and IMD (Institute for Management Development) starting from 2004, have set up the Global Competitiveness Report (Sala-i-Martin & Artadi, 2004) which classifies nations based on the Global Competitiveness Index.

The analysis is made with a reference to the Regional Competitiveness Index (RCI), which is based on the approach used in the Global Competitiveness Index of the World Economic Forum.

The RCI extends the traditional competitiveness analysis from a pure economic perspective to an evaluation that includes also social elements such as innovation, quality of the institutions, transportations and infrastructures (Annoni & Dijkstra, 2017). This means that RCI is the first measure capable to give an European perspective on EU regions competitiveness, tracking and evaluating the ability of the countries to provide to their citizen well-being (Aiginger, 1998) identifying the factors that define the economic prosperity on the mid-long period.

The Global Competitiveness Index (GCI), as the Regional Competitiveness Index, gives a holistic and panoramic perspective of the critical factors on which is necessary work to increase both the productivity and the competitiveness (Lopez-Claros et al., 2006). These factors have been grouped in 111 pillars, able to describe different aspects of competitiveness showing insights useful to evaluate strengths and weaknesses.

These pillars include macroeconomic and microeconomic factors such as: Institutions, Infrastructure, Macroeconomic Stability, Health and Primary Education, Higher Education, Lifelong Learning, Market Efficiency, Technology Readiness, Business Sophistication, Innovation (Schwab, 2014).

It is important to underline how none of them taken alone, can ensure competitiveness given that the determinants have a different weight in relation to the development phase of the country. It may happen that a factor that drives productivity in a certain country does not necessarily correspond to that that drives another country (Lopez-Claros et al., 2006). According to this principle, the development pillars can be divided in three sub-indices (Schwab, 2009):

1. base sub-index: it includes institutions, infrastructure, macroeconomics, health and primary education. In this phase, development is made possible thanks to the application of competitive prices; these are essential drivers of any type of economy (1st stage of development);
2. efficiency sub-index: it includes the critical pillars for countries in the efficiency-driven phase (education and training, higher education and training, market efficiency, technological readiness). In this phase, the efficiency of production allows the country to be competitive (2nd phase of development);
3. innovation sub-index: include all the pillars of corporate sophistication and innovation. In this phase it is possible to be competitive because it is possible to produce products using the most advanced production and organization methods.

The pillars thus conceived emphasize basic issues in less developed regions and innovative capacities in regions that enjoy a greater degree of industrialization. For example, innovation and the sophistication of goods account for 10% of final values in economies based on efficiency and 30% in those driven by innovation.

At this point, a country's performance based on the overall results of the GCI and its components is reported as a "progress score" on a scale of 0 to 100, where 100 represents the "frontier" that should be aimed at so that a certain problem ceases to be an obstacle to productivity growth (Schwab, 2009).

However, as also reported in the *Global Competitiveness Report 2019* for governments to make technology and innovation part of the DNA of an economy is a challenge, yet they must make this change possible through investment in human capital to mitigate the unintended negative impacts of technological advances on income distribution and social cohesion. The mere evaluation of economic growth, GDP or competitiveness are not sufficient to describe the well-being of a nation. Among the main limitations of the reports published by the WEF it is possible to precisely find this deficiency: the WEF has not yet analyzed whether a highly competitive country is also able to use this advantage to translate it into greater human development and well-being for the nation.

In this regard, it should be noted that there is a significant relationship between economic growth and human development. Economic growth certainly corresponds to an improvement in human well-being, but the extent to which one influences the other must be assessed. The countries that decide to favor economic growth often descend into a vicious cycle of growth that can have negative impacts

in terms of investment and income redistribution; while those who prefer human development are able to establish a virtuous cycle with positive effects in the long term (Ranis et al., 2000).

For this reason, human development has recently been advanced as the goal of human activity instead of economic growth.

3 Human development and its components: A brief review of the literature

The ultimate overcoming of the study of GDP as the only tool for assessing economic growth took place in 1990 with the construction of the Human Development Index (Human Development Index, HDI) by UNDP (United Nations Development Program) under the guide of Amartya Sen, with the aim to shift the development focus from GDP to person-centered policies. At the basis of the construction of the HDI it is placed the capability approach of Sen (1999), according to which economic growth is only a means for achieving human well-being and freedom. The original definition was given in the Human Development Report describing it as “a process of expanding human possibilities that allows individuals to enjoy a long and healthy life, to be educated and to have access to an income level that guarantees a standard of living dignified” (United Nations Development Program, 2010, p. 3). From this definition it can be deduced that the human need is not only for real income, but also for health, education, social inclusion and empowerment.

The human development index, conceived in this way, is made up of three dimensions:

1. Life expectancy at birth indirectly calculates the state of health. It is an indicator that, given the economic and socio-health conditions of a particular country, allows for predictions on the life expectancy of a newborn child.
2. The level of education (Corduas, 2013): represented by the adult literacy rate and the average number of years of study. It is a single index that is derived from the weighting of:
 - literacy rate: assigns a weight of 2/3 with respect to the result;
 - average number of years of study with a weight equal to 1/3.
3. GDP per capita, calculated based on two transformations of the data:
 - to consider the purchasing power of the local currency so that it is not penalized by an unfavorable exchange ratio;
 - to enhance the fact that the increase in income does not increase well-being in a linear way; ex. an income increases of \$ 1.000 takes on a different meaning in a family if the starting income is \$ 1.000 (+100%) or \$ 20.000 (+5%).

The scores for the three HDI dimensional indexes are then aggregated into a composite index using the geometric mean of the indexes normalized for each of the three dimensions, returning a value between 0 and 1; the closer it is to unity, the greater is human development which makes it possible to achieve the three goals of a life expectancy at birth of 85 years, access to education for all, a decent level of income (United Nations Development Programme, 2020).

The Human Development Index, conceived in this way, by combining economic factors with social factors over time, has established itself as one of the most used tools at an international level to measure the social and economic well-being of countries around the world.

4 Relation between competitiveness and human development

A study conducted by the economist (Davies & Quinlivan, 2006) suggests a significantly positive relationship between improvements in social well-being and an increase in trade (understood as a share of GDP). The study found that an increase in trade is associated with a subsequent series of increases in human development growth. Underlying this theory is the principle according to which a greater number of exchanges translates into a greater GDP which in turn generates a better standard of living, an increase in education levels and better health care.

Moreover, this relationship is not only positive, but it is also bilateral as stated by the economist Lucas (1988) since on the one hand it is true that the growth of a country translates into more resources to be allocated to education, to better health care, but it is also true that the availability of an adequately educated workforce is a crucial condition that triggers openness to international trade. To be competitive it is necessary to invest in human capital to have a skilled workforce, which entails greater remuneration and hence an increase in per capita GDP.

It is therefore possible to imagine a threshold value in the stock of human capital above which a virtuous circle of economic and human growth is triggered.

4.1 Methodology

Given the positive correlation between competitiveness and human development, the objective that this analysis pursues is to measure the efficiency with which European regions use their competitiveness for the benefit of their citizens. The pioneer in calculating the social efficiency of countries was Despotis (2005) who used GDP per capita as an input and education and life expectancy as an output.

It was decided to begin the study with the Cluster Analysis with the goal of verify if there is a national component of the regions. The Cluster Analysis, in fact, allows to identify one or more partitions in the set of statistical units distinguishable into groups (clusters) (Gan et al., 2007) so that the groups have the characteristics of internal cohesion, i.e. the assigned units to the same group must be similar to each other. An analysis of the main components will then be carried out with the aim of reducing the dimensionality of the dataset without losing the original information.

Once the main components of our dataset have been identified, our Data Envelopment Analysis will be carried out.

4.2 Why use data envelopment analysis

The DEA method, developed in its first formulation by Charnes et al. (1978), is a “data-oriented” approach, aimed at evaluating the efficiency of the performance of a set of homogeneous production units, called Decision Making Units (DMUs).

The DEA is a widely used model since it is:

- a non-parametric mathematical method that presents an empirical orientation (Mariano & Rebelatto, 2014);
- does not require a priori assumptions;
- is aimed at the search for the efficient frontier as it expresses the maximum number of outputs that can be produced per unit of input, thus representing the production limit determined by the technology of a sector (Cook & Zhu, 2014).

This frontier separates efficient DMUs, located on the boundaries of the frontier, from inefficient ones. The distance of a DMU from the frontier provides an indication of best practices by serving as an analysis for less efficient ones (Charnes et al., 1985).

The logic of the analysis provides that the units with the highest index make up the efficient productivity frontier (index equal to 1). A score lower than 1 indicates that there is a combination that allows you to create a specific output using fewer inputs or vice versa; therefore, those who have an outcome between 1 and 0 will be increasingly distant from this frontier, realizing inefficient performances.

The choice to use the data wrapping analysis (DEA) in this analysis is given by the fact that it allows to evaluate the efficiency of each decision-making unit, which in our case are represented by the regions of the European Union, to translate the inputs (competitiveness data) in the best possible output levels, in terms of human development. This is possible because the DEA compares its technology with all the

other possible technologies deriving from the linear combination of the observed productions for the other production units considered.

To apply the analysis, we can use different models that differ based on the assumptions, distinguishing:

- orientation;
- combination of input and output.
- returns to scale; designates the two main DEA models: Constant Return to Scale (CRS) (Charnes et al., 1985) and Variable Return to Scale (VRS: to account for variable returns to scale).

The basic formulation of the CRS and VRS model (Banker et al., 1984), in their two orientations, can be described as:

Table 1 - DEA radial models in the form of multipliers

Model	Input Oriented	Output Oriented
CRS	$MAX \sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0}$	$MIN \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0}$
	Subject to:	Subject to:
	$\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jo} = 1$	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{io} = 1$
	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \text{ for } k = 1, 2, \dots, h$	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \text{ for } k = 1, 2, \dots, h$
VRS	$MAX \sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} + w$	$MIN \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} - w$
	Subject to:	Subject to:
	$\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jo} = 1$	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{io} = 1$
	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} + w \leq 0 \text{ for } k = 1, 2, \dots, h$	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} + w \leq 0 \text{ for } k = 1, 2, \dots, h$
	<i>w without sign restriction</i>	<i>w without sign restriction</i>

h represents the number of the DMUs analyzed;
 m represents the number of outputs analyzed;
 n represents the number of inputs analysed;
 w represents the scale factor;
 u_i represents the weight of output i for the DMU under analysis;
 v_j represents the weight of input j for the DMU under analysis;
 x_{jo} represents the amount of input j of the DMU under analysis;
 x_{jk} represents the amount of input j of DMU k ;
 y_{io} represents the amount of output i of the DMU under analysis;
 y_{ik} represents the amount of output i of DMU k

Source: Mariano e Rebelatto (2014)

Between the CRS and VRS method it was decided to use the VRS model as it allows to adapt specifically to the effects of scale, making it possible to make a relative comparison between regions with different financial conditions.

4.3 European region efficiency analysis: A case study

The analysis that will be conducted below is made with reference to the NUTS 2 regions of the 27 member states of the European Union; the countries of Malta and the United Kingdom. The regions for which complete data were not available are excluded from the analysis.

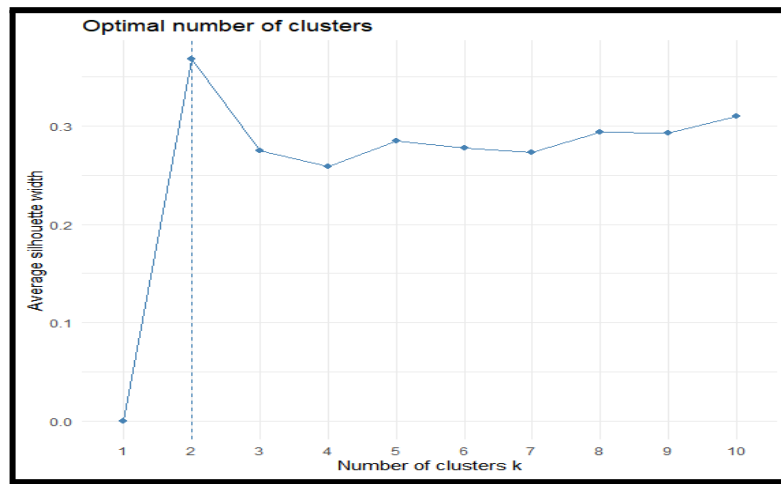
To carry out the analysis, the R statistical program was used. As regards the choice of data, the INPUTs were distinguished in the basic, efficiency and innovation sub-index. The data was generated from over 70 comparable indicators and indicates a region's ability to offer an attractive and sustainable environment for businesses and residents; refer to the year 2019. They are extrapolated from the report "the European index on regional competitiveness" drawn up by the European commission.

As regards the outputs, however, both "Life expectancy at birth" and "GDP per capita PPP" are extrapolated from the Eurostat website. GDP is calculated by adjusting the purchasing power parity and therefore considering the different cost of living in different countries. The data on "schooling" is obtained as *gross enrollment ratio*, calculated by dividing the number of students by the total population in the official age group corresponding to these levels. This value can be higher than 100% in the case of inclusion of students who have made early or late entries into the world of education or in the case of large cities that welcome a greater number of students than the suburbs.

To proceed with the analysis, the first thing done has been the *cluster analysis* to specify the general stage of development of the countries and to analyse the relationship between the different groups to which the countries may belong.

Before continuing with the analysis, it was considered useful to proceed with the standardisation of the x and y variables to release them from the unit of measurement of the starting variable. Standardisation, in fact, allows you to compare variables that have means and standard deviations measured on different units of measurement or order of magnitude¹.

Figure 1 - Cluster analysis



Source: our elaboration with R studio

Once the data was standardized, it was possible to proceed with the identification of the optimal number of clusters. The evaluation was conducted using the command `fviz_nbclust` of R, using PAM (*Partition Around Medoids*) algorithm and the *silhouette* method:

- algorithm aims to find a sequence of objects called “medoids” that are located at the center of the clusters. The goal of the algorithm is to minimize the average dissimilarity of objects to their closest selected object;

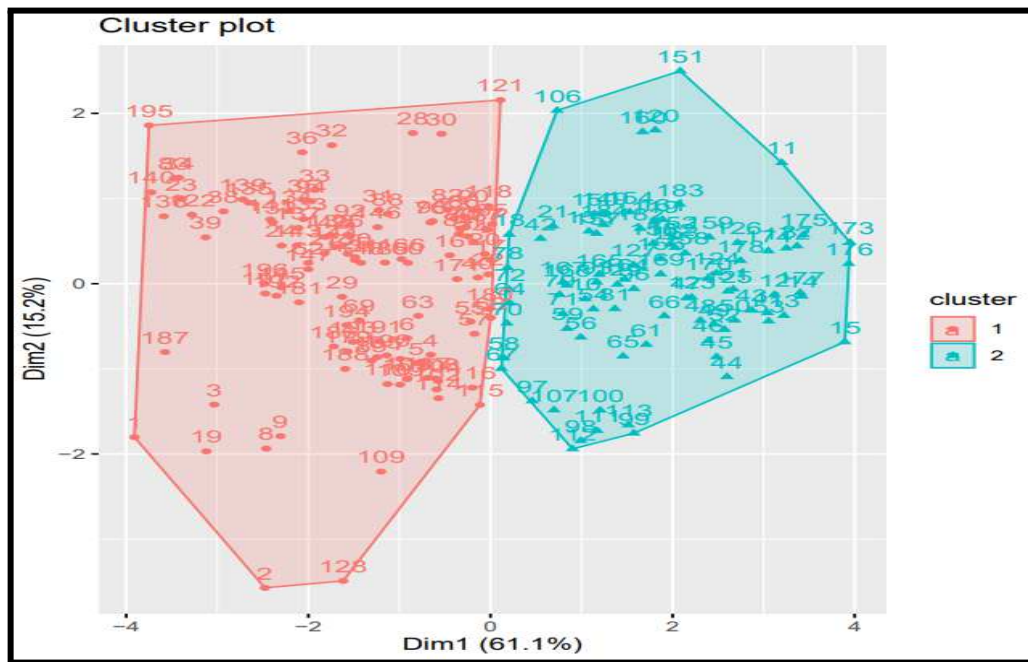
¹ Standardization is a recommended procedure in all cases in which a comparison is made between variables that have different units of measurement/orders of magnitude. For example:

1) Before a cluster analysis. This is because grouping techniques are based on calculating the distances between observations.
2) Before an analysis of the main components. This methodology attributes a different weight to the variables based on their variances.

- *silhouette* method (Kaufman & Rousseeuw, 1990) has been chosen with the aim both the average distance of each point from the other points of the cluster to which it belongs and the average distance from the points of the closest cluster, the greater the average value of this index, the higher the consistency of the analysis for the number k of corresponding clusters.

The analysis shows that the optimal number of clusters is equal to 2, as can be seen from Figure 1.

Figure 2 - Cluster plot



Source: our elaboration with R studio

Table 2 - Regions of the European Union (clusters 1 and 2)

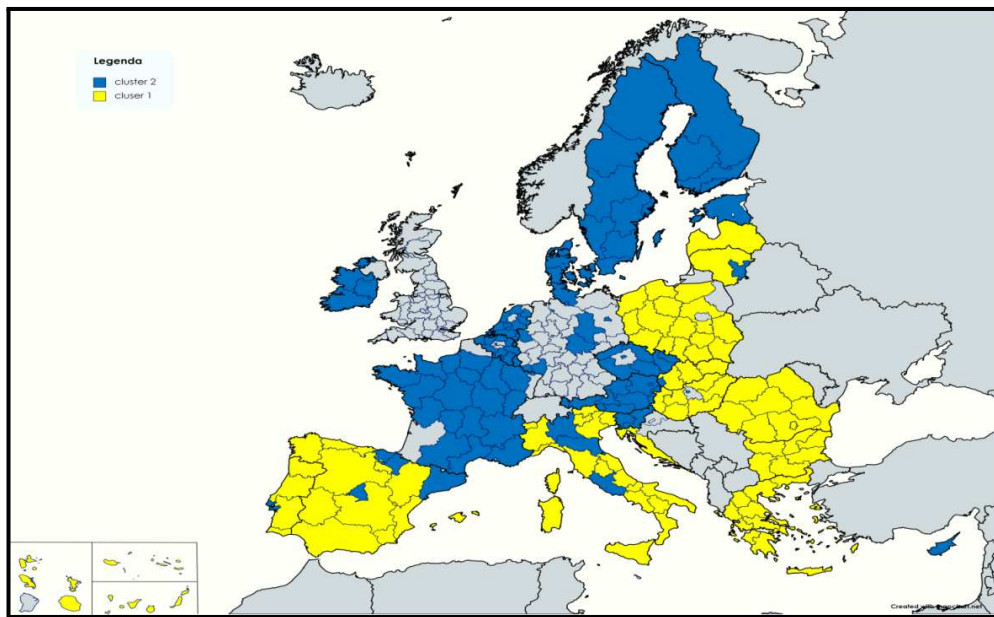
Region NUTS 2	Cl.	Region NUTS 2	Cl.	Region NUTS 2	Cl.	Region NUTS 2	Cl.
Bruxelles / Brussel	2	Anatoliki Makedonia	1	Guadeloupe	1	Sostinés regionas	2
Oost-Vlaanderen	2	Attiki	1	Haute-Normandie	2	Luxembourg	2
Antwerp	2	Dytiki Ellada	1	Île-de-France	2	Del-Alfold	1
Hainaut	2	Dytiki Makedonia	1	Languedoc-Roussillon	2	Del-Dunantul	1
Luxembourg (BE)	2	Ionia Nisia	1	Limousin	2	Eszak-Alfold	1
Liège	2	Ipeiros	1	Lorraine	2	Eszak-Magyarország	1
Namur	2	Kentriki Makedonia	1	Mayotte	1	Kozep-Dunantul	1
West-Vlaanderen	2	Kriti	1	Midi-Pyrénées	2	Budapest	2
Limburg	2	Notio Aigaio	1	Pays de la Loire	2	Nyugat-Dunantul	1

Yugozapaden	1	Peloponnese	1	Picardie	2	Drenthe	2
Yuzhen tsentralen	1	Stereia Ellada	1	Poitou-Charentes	2	Friesland	2
Severoiztochen	1	Thessalia	1	Provence-Alpes	2	Gheldria	2
Severen tsentralen	1	Voreio Aigaio	1	La Réunion	1	Groningen	2
Yugoiztochen	1	Andalusia	1	Rhône-Alpes	2	Limburg	2
Severozapaden	1	Aragon	1	Bretagne	2	Noord-Brabant	2
Jihovychod	2	Canary Islands	1	Jadranska Hrvatska	1	Noord-Holland	2
Jihozapad	2	Cantabria	1	Abruzzo	1	Overijssel	2
Moravskoslezsko	2	Castilla y León	1	Basilicata	1	Zeeland	2
Prague	2	Castilla-La Mancha	1	Calabria	1	Zuid-Holland	2
Severovychod	2	Catalonia	2	Campania	1	Utrecht	2
Severozapad	2	Ciudad de Ceuta	1	Emilia-Romagna	2	Wien	2
Střední Morava	2	Comunidad de Madrid	2	Friuli-Venezia Giulia	1	Oberösterreich	2
Hovedstaden	2	Comunidad Foral de Navarra	2	Lazio	2	Vorarlberg	2
Midtjylland	2	Comunidad Valenciana	1	Liguria	1	Steiermark	2
Nordjylland	2	Estremadura	1	Lombardia	2	Salzburg	2
Sjælland	2	Ciudad Autónoma de Melilla	1	Marche	1	Burgenland	2
Syddanmark	2	Galicia	1	Molise	1	Tirol	2
Thüringen	2	La Rioja	1	Piemonte	1	Kärnten	2
Schleswig-Holstein	2	Pais Vasco	2	Bolzano	1	Dolnośląskie	1
Sachsen-Anhalt	2	Principado de Asturias	1	Trento	1	Śląskie	1
Saarland	2	Región de Murcia	1	Puglia	1	Lodzkie	1
Rheinhausen-Pfalz	2	Illes Balears	1	Sardegna	1	Lubuskie	1
Düsseldorf	2	Auvergne	2	Sicilia	1	Małopolskie	1
Hamburg	2	Basse-Normandie	2	Toscana	1	Mazowieckie	1
Bremen	2	Bourgogne	2	Umbria	1	Opolskie	1
Berlin	2	Centre - Val de Loire	2	Valle d'Aosta	1	Podkarpackie	1
Eesti	2	Champagne-Ardenne	2	Veneto	1	Pomorskie	1
Dublin	2	Corse	1	Kypros	2	Świętokrzyskie	1
Southern (South-West)	2	Martinique	1	Latvija	1	Warmińsko-Mazurskie	1
Wielkopolskie	1	Região Autónoma dos Açores	1	Vzhodna Slovenija	2	Mellersta Norrland	2
Zachodniopomorskie	1	București - Ilfov	1	Bratislavský kraj	2	Norra Mellansverige	2
Kujawsko-pomorskie	1	Centru	1	Stredne Slovensko	1	Ostra Mellansverige	2
Lubelskie	1	Nord-Est	1	Vychodne Slovensko	1	Ovre Norrland	2
Alentejo	1	Nord-Gilet	1	Zapadne Slovensko	1	Smaland med oarna	2
Algarve	1	Sud - Muntenia	1	Aland	2	Stockholm	2
Lisbon Metropolitan Area	2	Sud-Est	1	Etela-Suomi	2	Sydsverige	2
Centru	1	Sud-Vest Oltenia	1	Helsinki-Uusimaa	2	Västsverige	2
Norte	1	Vest	1	Lansi-Suomi	2		

Região Autónoma da Madeira	1	Zahodna Slovenija	2	Pohjois-ja Itä-Suomi	2
Northern and Western	2	Franche-Comté	2	Vidurio ir vakarų Lietuvos	1

Source: our elaboration

Figure 3 - Graphic representation of clusters 1 and 2 of the European NUTS 2 regions



Source: our elaboration on map mapchart.net/europe-nuts2.html

The analysis shows that the two clusters are homogeneous, being able to identify 98 regions in the first cluster and 99 in the second. Overall, from the attribution (Figure 3) it is possible to distinguish a national trend of the regions and at the same time identify a distinction between Northern Europe and Eastern-Mediterranean Europe: in the first cluster, in fact, we can identify the regions of Bulgaria, Greece, Spain, Croatia, Italy, Latvia, Hungary and Poland; while in the second cluster there are: Belgium, Czech Republic, Denmark, Germany, Estonia, Ireland, Iceland, France, Cyprus, Luxembourg, Netherlands, Austria, Slovenia.

It should be noted that in some regions there is an anomalous trend compared to the national trend; this divergence take place when a particular region can be defined as a nation driving force. An example is represented by the Italian case where regions such as Emilia-Romagna, Lazio and Lombardy follow a different trend than the other regions of the country. This difference is because these regions represent the fulcrum of the economy and education. Another example is represented by France where the islands

follow a different trend than the nation: in this case the explanation lies in the fact that these islands are small regions characterized by a local economy. In the case of Hungary and Portugal, however, anomalous values are found in the regions of the capital. These values are present due to the natural traits of capitals: they have agglomeration economies, better connectivity and high levels of human capital, distinguishing itself as the main engine of the economy.

Once the division into clusters has been carried out, the analysis of the main components (PCA) was developed.

The hope in the application of the PCA is that the sample variances of the first Principal Components (PC) are large, while the variances of the others are small enough to be neglected (a variable with a low variability can be treated approximately as a constant).

Figure 4 - Principal components analysis

Importance of components:						
	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
Standard deviation	1.910155	0.9634468	0.8925671	0.5894601	0.4191385	0.26982395
Proportion of variance	0.611218	0.1554943	0.1334568	0.0582060	0.0294289	0.01219607
Cumulative Proportion	0.611218	0.7667122	0.9001690	0.9583750	0.9878039	1.00000000

Source: our elaboration with R studio

The analysis shows that the first two components alone explain almost 77% of the total variance. It was therefore decided to carry out the Data Envelopment Analysis with only the first two components. Taking as object of study how the competitiveness of a region translates into greater human development, DEA has been applied with the VRS method so to track variable returns to scale and it has been orientated towards the output. In the Table 3 the obtained results are shown:

Table 3 - Results of the DEA

Region NUTS 2	DEA	Region NUTS 2	DEA	Region NUTS 2	DEA	Region NUTS 2	DEA
Bruxelles - Brussel	1.00	Anatoliki Macedonia	0.89	Guadeloupe	0.28	Sostinés regionas	0.50
Oost-Vlaanderen	0.82	Attiki	0.61	Haute-Normandie	0.52	Luxembourg	0.63
Antwerp	0.67	Dytiki Ellada	0.66	Île-de-France	1.00	Del-Alfold	0.00
Hainaut	0.04	Dytiki Makedonia	0.35	Languedoc-Roussillon	0.67	Del-Dunantul	0.00
Luxembourg (BE)	0.10	Ionia Nisia	0.06	Limousin	0.60	Eszak-Alfold	0.00
Liège	0.11	Ipeiros	1.00	Lorraine	0.51	Eszak-Magyarország	0.00
Namur	0.12	Kentriki Macedonia	0.49	Mayotte	0.00	Kozep-Dunantul	0.00
West-Vlaanderen	0.63	Kriti	0.55	Midi-Pyrénées	0.81	Budapest	1.00
Limburg	0.52	Notio Aigaio	1.00	Pays de la Loire	0.34	Nyugat-Dunantul	0.00

Yugozapaden	0.00	Peloponnese	0.81	Picardie	0.45	Drenthe	0.06
Yuzhen tsentralen	0.01	Stereia Ellada	1.00	Poitou-Charentes	0.64	Friesland	0.09
Severoiztochen	0.00	Thessalia	0.60	Provence-Alpes- Côte Azur	0.60	Gheldria	0.21
Severen tsentralen	0.00	Voreio Aigaio	1.00	La Réunion	0.30	Groningen	0.18
Yugoiztochen	0.00	Andalusia	0.50	Rhône-Alpes	0.78	Limburg	0.24
Severozapaden	0.00	Aragon	0.72	Bretagne	0.56	Noord-Brabant	0.39
Jihovychod	0.00	Canary Islands	0.53	Jadranska Hrvatska	0.00	Noord-Holland	0.61
Jihozapad	0.00	Cantabria	0.37	Abruzzo	0.38	Overijssel	0.19
Moravskoslezsko	0.00	Castilla y León	0.63	Basilicata	0.53	Zeeland	0.29
Prague	1.00	Castilla-La Mancha	0.63	Calabria	0.26	Zuid-Holland	0.34
Severovychod	0.00	Catalonia	0.80	Campania	0.12	Utrecht	0.59
Severozapad	0.00	Ciudad de Ceuta	0.09	Emilia-Romagna	0.55	Wien	0.31
Střední Morava	0.00	Comunidad de Madrid	0.91	Friuli-Venezia Giulia	0.47	Oberösterreich	0.27
Hovedstaden	0.47	Comunidad Foral de Navarra	0.78	Lazio	0.50	Vorarlberg	0.53
Midtjylland	0.26	Comunidad Valenciana	0.49	Liguria	0.43	Steiermark	0.27
Nordjylland	0.13	Estremadura	0.38	Lombardia	0.63	Salzburg	0.56
Sjælland	0.00	Ciudad Autónoma de Melilla	0.37	Marche	0.51	Burgenland	0.23
Syddanmark	0.19	Galicia	0.40	Molise	0.32	Tirol	0.47
Thüringen	0.65	La Rioja	0.71	Piemonte	0.39	Kärnten	0.22
Schleswig-Holstein	0.16	Pais Vasco	0.60	Bolzano	1.00	Dolnośląskie	0.00
Sachsen-Anhalt	0.59	Principado de Asturias	0.29	Trento	0.93	Śląskie	0.00
Saarland	0.09	Región de Murcia	0.46	Puglia	0.38	Lodzkie	1.00
Rheinessen-Pfalz	0.61	Illes Balears	0.97	Sardegna	0.51	Lubuskie	0.00
Düsseldorf	0.25	Auvergne	0.63	Sicilia	0.14	Małopolskie	0.00
Hamburg	0.68	Basse-Normandie	0.52	Toscana	0.51	Mazowieckie	0.00
Bremen	0.31	Bourgogne	0.59	Umbria	0.44	Opolskie	0.00
Berlin	0.62	Centre - Val de Loire	0.58	Valle d'Aosta	0.79	Podkarpackie	0.00
Estonia	0.00	Champagne-Ardenne	0.55	Veneto	0.57	Pomorskie	0.00
Dublin	0.94	Corse	0.87	Kypros	0.85	Świętokrzyskie	0.00
Southern (South-West)	1.00	Martinique	0.31	Latvija	0.00	Warmińsko-Mazurskie	0.00
Northern and Western	0.34	Franche-Comté	0.62	Vidurio ir vakarų Lietuvos	0.31	Wielkopolskie	0.78
Zachodniopomorskie	0.00	București Ilfov	1.00	Bratislavský kraj	0.49	Norra Mellansverige	0.26
Kujawsko-pomorskie	0.00	Centru	0.00	Stredne Slovensko	0.00	Ostra Mellansverige	0.30
Lubelskie	0.00	Nord-Est	0.00	Vychodne Slovensko	0.04	Ovre Norrland	0.35
Alentejo	0.26	Nord-Gilet	0.00	Zapadne Slovensko	0.00	Smaland med oarna	0.35
Algarve	0.34	Sud - Muntenia	0.00	Aland	0.70	Stockholm	1.00
Lisbon Metropolitan Area	0.28	Sud-Est	0.00	Etela-Suomi	0.26	Sydsverige	0.30
Centro Città	0.34	Sud-Vest Oltenia	0.00	Helsinki-Uusimaa	0.62	Västsverige	0.39
Norte	0.45	Vest	0.00	Lansi-Suomi	0.31		

Região Autónoma da Madeira	0.00	Zahodna Slovenija	0.36	Pohjois-ja Itä-Suomi	0.26
Região Autónoma dos Açores	0.16	Vzhodna Slovenija	0.00	Mellersta Norrland	0.28

Source: our elaboration

The DEA scores can be interpreted in such a way that countries that have scores equal to 1 are deemed to be efficient, therefore they use competitiveness efficiently for the human development of their citizens. Countries with scores below 1 have relatively lower levels of human development up to countries with scores equal to 0 which are totally inefficient.

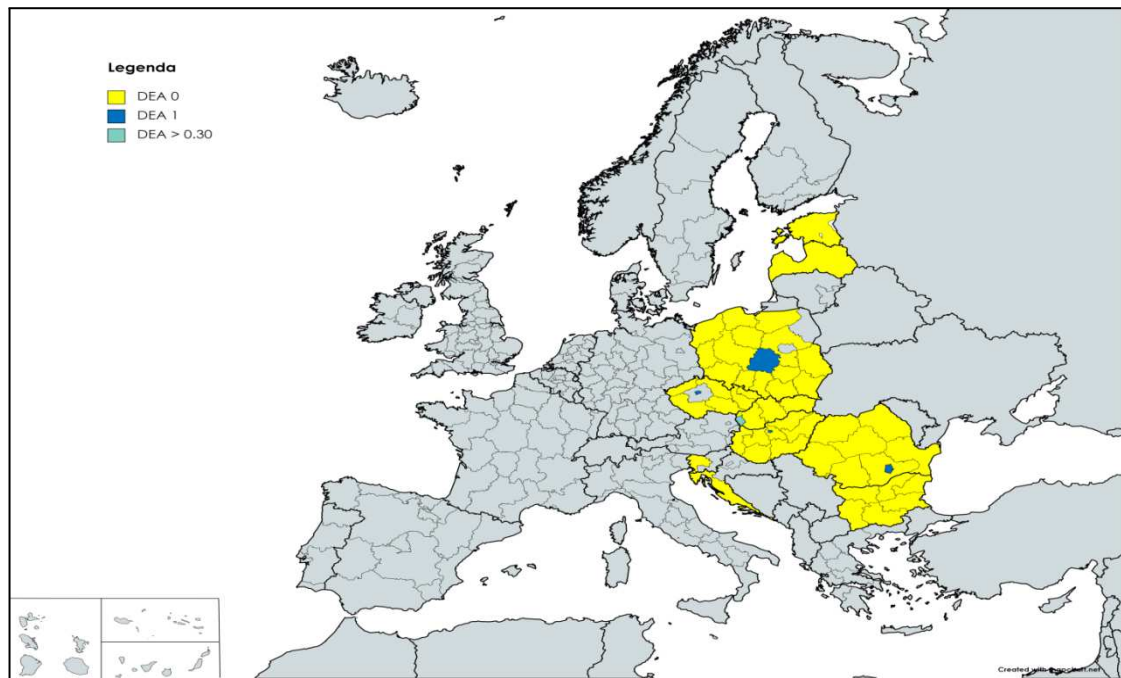
Overall, how of the 197 regions analysed, 13 have a value equal to 1 and are represented by Brussels, Prague, south-west region of Ireland, Ipeiros, Notio Aigaio, Sterea Ellada, Voreio Aigaio, Île-de-France, Bolzano, Budapest, Lodzkie, Bucharest, Stockholm. The regions with a value of 0 are 46 and are attributable to the states of Bulgaria, the Czech Republic, Estonia, Latvia, Hungary, Poland, Romania, Slovakia and the regions of Sjælland, Mayotte, Vzhodna Slovenija.

It is interesting to note that even in this case the totally inefficient units follow a geographical trend, generally localized in Eastern Europe. In confirmation of what was identified in the cluster analysis, also in this case in the totally inefficient regions are identifiable anomalous values with efficiency peaks in the regions of the capitals or large cities that host agglomeration economies such as Prague for the Czech Republic, Bucharest in Romania, Budapest for Hungary, Lodzkie for Poland as illustrated in Figure 5.

From the analysis of the data, it is shown how for the regions of Bulgaria, Latvia, Romania, Croatia and Hungary both the RCI and HDI values are remarkably low, touching the threshold of 1.86 (on a scale of 100) in the basic sub-index regarding the north-east region of Romania. These countries are currently totally inefficient as they have low levels of both human development (in particular for life expectancy at birth which is significantly lower than the rest of European countries) and competitiveness. These results are in line with the level of development of these regions which today are considered as emerging economies, still characterized by a small economy and a medium-low GDP per capita. The regions of Poland, on the other hand, have significantly higher values in terms of RCI, especially in terms of the efficiency sub-index, but not sufficient to guarantee an improvement in the well-being of citizens, managing to be efficient only in the Lodzkie and Wielkopolskie region. Ultimately, among the inefficient regions there are Slovakia, Estonia and the Czech Republic which, despite having sufficiently high levels of HDI and RCI, are unable to be efficient, this result suggests that they are not using their competitiveness efficiently to translate it into citizens' quality of life.

With reference to these regions, it remains to underline that for the larger states it is still possible to identify a leading region of the country. The capital Prague, for example, manages to offer the best results at national level both in terms of RCI and HDI, managing to provide the best efficiency performance in translating competitiveness into human development. The same situation is observed in Budapest and Bucharest.

Figure 5 - Eastern European regions with inefficient DEA



Source: our elaboration on map mapchart.net/europe-nuts2.html

A particular case is offered by Lithuania which, in the context of Eastern Europe, achieves higher efficiency performance than its neighboring countries, approaching the reality of the rest of Europe.

The situation is different for the other European nations where it is possible to identify a more heterogeneous trend of the regions by distinguishing countries that are more efficient than others.

It is interesting to note the situation in the Mediterranean which can assume higher average efficiency values than some northern European countries despite lower RCI and HDI values.

A representative example is given by the comparison between Italy and Germany: the two nations have on average the same efficiency in transforming their competitiveness into human development, this happens even though Germany performs better than Italy. From the analysis of the data, it is possible to note how Germany can achieve satisfactory results in terms of RCI, reaching values of up to

90% within the efficiency sub-index (the highest Italian value is just over 68%), or per capita GDP equal to 61,000 PPPs (the highest value in Italy is 48,000), nevertheless, the two nations achieve, on average, a DEA equal to 49%. This result suggests that Italy's performance in terms of human development is relatively high compared to competitiveness to the detriment of Germany, which is not using its competitiveness efficiently to improve the quality of life of its citizens.

Going into more detail, it is possible to see how the Italian reality achieves heterogeneous efficiency performances, managing to compensate for very low performances (0.12 in Campania) with maximum efficiency values (1 in Bolzano). The results therefore reflect the actual situation of the country where it is still possible to observe lower percentages in the southern regions such as Campania, Puglia and Calabria, while higher results are recorded in the cities of Bolzano, Valle d'Aosta, Trento (all cities that always conquer the first places in the rankings of cities with better quality of life).

A similar trend to the Italian situation is also recorded for other Mediterranean regions including Spain with values between 0.09 and 0.97 and France where Mayotte is totally inefficient while Île-de-France reaches maximum efficiency. It should be noted that also in France the lowest trend is recorded by an island while the highest one is from the capital area.

Also, for these regions the RCI values have room for improvement with average values between 39-63%, nevertheless they manage to positively translate their competitiveness into human development.

An anomalous data within the Mediterranean is given by Portugal and Greece which follow opposite trends: it is shown how Greece reaches several maximum efficiency peaks ($DEA = 1$) for the cities of Ipeiros, Notio Aigaio, Sterea Ellada, Voreio Aigaio while the lowest value is given by Ionia Nisia with 0.06. These results are achieved despite the regions recording the lowest values in the RCI Mediterranean area. Conversely, Portugal achieves worse results by touching 0 for Região Autónoma da Madeira (also in this case it is an island and therefore a small economy) while the north of the state reaches the threshold of 45%, a threshold anyway far from maximum efficiency. These values explain how Portugal still has to work to improve the well-being of its citizens since it fails to translate encouraging competitive data into an adequate level of human development. Slovenia has a trend in line with the other Mediterranean regions.

Analysing the regions of northern Europe, however, generally, together with Germany, the Netherlands, Austria, Sweden, Denmark and Finland are not efficient in transforming their competitiveness into better living conditions for their citizens. The results are indeed surprising in consideration that these countries have high values both in terms of RCI and HDI. Also for this European area it is possible to observe similarities and differences compared to southern Europe: the first differentiating factor is that these regions there have no fluctuating trends characterized by positive

or negative peaks but are outlined by more harmonious values. An element of similarity with the rest of the continent, on the other hand, that is also for these countries values of maximum efficiency or in any case higher, are obtained in the capital region: this is true for Sweden with Stockholm which records the maximum efficiency, it is true for Finland where the capital does not reach its maximum but still obtains the highest value in the nation. The same is also applicable for the other regions.

4.4 Slack variables analysis

Starting from the levels of efficiency achieved by the individual regions, it is interesting to study how, based on the current levels of competitiveness, inefficient countries can improve their human development performance by directly dealing with the gap variables, i.e. the excesses of inputs and the scarcity of outputs (slack).

This analysis is possible by applying the Slacked Based Measur (SBM) model.

The Slacked Based Measur model, originally developed by Tone (2001), projects the observations at the furthest point from the efficiency boundary, in order to minimize the objective function in relation to the maximum compensation amounts (Choi et al., 2012).

In SBM the difference between the value of the projection and the effective value is used to give an interpretation of the input and output variables. In fact, thanks to the slack (or waste) variables it is possible to highlight to what extent it is necessary to “adjust” the values of the inputs and / or outputs so to eliminate any inefficiencies. According to this model, a DMU is considered efficient if and only its efficiency is equal to the unity and all the slack variables are zero. The presence of slack indicates in fact, that the DMU is not efficient and that it would therefore be possible to maintain the same output level by reducing the inputs used.

In order to describe the phenomenon, the slack variables are exposed with the following terminology:

$$s_h^+ = \text{output-slacks}$$

$$s_i^- = \text{input-slacks}$$

Also in this case it was decided to use the VRS model in order to consider the returns to scale, and it is for this reason that the efficient frontier, always defined on the basis of the most efficient DMUs, is a convex function.

Given K DMUs ($j = 1, \dots, K$), each of which produces N outputs ($y_{j1}, \dots, y_{jN}$) using M inputs ($x_{j1}, \dots, x_{jM}$), it is to consider a generic DMU j_0 .

Indicated with:

λ_j the weights with which the various units intervene in the linear combinations that define the inputs of the reference virtual unit;

s_i^- slack-input;

s_h^+ slack-output;

θ_0 the measure of generic efficiency-input DMU j_0 ;

ϕ_0 a variable from which is obtained the measure of generic efficiency-output DMU j_0 ;

ε a very small quantity appropriately chosen (smaller than any positive number).

It is going to be:

$$\max \quad \phi_0 + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^M s_i^- + \sum_{h=1}^N s_h^+ \right]$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^K \lambda_j = 1$$

$$\sum_{j=1}^K \lambda_j y_{hj} = \phi_0 y_{hj0} + s_h^+ \quad (h = 1, \dots, N)$$

$$\sum_{j=1}^K \lambda_j x_{ij} = \theta_0 x_{ij0} - s_i^- \quad (i = 1, \dots, M)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_h^+ \geq 0$$

$$0 < \varepsilon < 1$$

The optimal solution is called maximum slack solution, and if s_h^+ and s_i^- are both equal to zero, then the solution will be “zero-slack”. The zero-slack solution is an important efficiency indicator since at this level is not possible save inputs or increase output without worsening other inputs or outputs (Cooper et al., 2007).

In this sense, the Slacked Based Measur model turns out to be fundamental because it provides useful information indispensable for making appropriate decisions, defines the direction to be taken by indicating the “critical” input and output factors and determining the values that should be achieved.

The results that emerged from the analysis are shown in the following table (Tab. 4).

Table 4 - Slack analysis results

Region	Slack	Region	Slack	Region	Slack	Region	Slack
Bruxelles (Brussel)	1.00	Anatoliki Macedonia	1.00	Guadeloupe	0.58	Sostinès regionas	0.61
Oost-Vlaanderen	1.00	Attiki	0.59	Haute-Normandie	0.39	Luxembourg	0.59
Antwerp	0.68	Dytiki Ellada	0.99	Île-de-France	1.00	Del-Alfold	0.52
Hainaut	0.49	Dytiki Makedonia	1.00	Roussillon	0.40	Del-Dunantul	0.48
Luxembourg (BE)	0.48	Ionía Nisia	1.00	Limousin	0.36	Eszak-Alfold	0.53
Liège	0.49	Ipeiros	1.00	Lorraine	0.33	Eszak-Magyarország	0.45
Namur	0.49	Kentriki Macedonia	0.56	Mayotte	1.00	Közép-Dunantul	0.48
West-Vlaanderen	0.68	Kriti	0.78	Midi-Pyrénées	0.49	Budapest	1.00
Limburg	0.65	Notio Aigaio	1.00	Pays de la Loire	0.51	Nyugat-Dunantul	0.51
Jugozapaden	0.60	Peloponnese	0.99	Picardie	0.35	Drenthe	0.37
Yuzhen tsentralen	0.52	Stereá Ellada	0.94	Poitou-Charentes	0.42	Friesland	0.40
Severoiztochen	0.63	Thessalia	0.89	Provence-Alpes-Côte Azur	0.48	Gheldria	0.40
Severen tsentralen	1.00	Voreio Aigaio	1.00	La Réunion	0.49	Groningen	0.44
Yugoiztochen	0.76	Andalusia	0.64	Rhône-Alpes	0.54	Limburg	0.43
Severozapaden	1.00	Aragon	0.98	Bretagne	0.39	Noord-Brabant	0.48
Jihovychod	0.40	Canary Islands	0.86	Jadranska Hrvatska	0.51	Noord-Holland	0.60
Jihozapad	0.41	Cantabria	0.64	Abruzzo	0.78	Overijssel	0.42
Moravskoslezsko	0.37	Castilla y León	1.00	Basilicata	0.99	Zeeland	0.43
Prague	1.00	Castilla-La Mancha	1.00	Calabria	1.00	Zuid-Holland	0.44
Severovychod	0.39	Catalonia	0.80	Campania	0.83	Utrecht	0.52
Severozapad	0.35	Ciudad Autónoma de Ceuta	1.00	Emilia-Romagna	0.70	Wien	0.56
Střední Morava	0.42	Comunidad de Madrid	1.00	Friuli-Venezia Giulia	0.69	Oberösterreich	0.53
Hovedstaden	0.59	Comunidad Foral de Navarra	0.99	Lazio	0.70	Vorarlberg	0.59
Midtjylland	0.46	Comunidad Valenciana	0.59	Liguria	0.69	Steiermark	0.47
Nordjylland	0.48	Estremadura	1.00	Lombardia	0.76	Salzburg	0.65
Sjælland	0.37	Ciudad Autónoma de Melilla	0.92	Marche	0.81	Burgenland	0.36
Syddanmark	0.49	Galicia	0.75	Molise	0.86	Tirol	0.58
Thüringen	0.33	La Rioja	0.85	Piemonte	0.64	Kärnten	0.47
Schleswig-Holstein	0.45	Pais Vasco	0.70	Bolzano	1.00	Dolnośląskie	0.46

Sachsen-Anhalt	0.35	Principado de Asturias	0.54	Trento	1.00	Śląskie	0.40
Saarland	0.43	Región de Murcia	0.65	Puglia	1.00	Lodzkie	0.41
Rheinessen-Pfalz	0.41	Illes Balears	0.96	Sardegna	1.00	Lubuskie	0.41
Düsseldorf	0.47	Auvergne	0.38	Sicilia	1.00	Małopolskie	0.36
Hamburg	0.67	Basse-Normandie	0.39	Toscana	0.75	Mazowieckie	0.36
Bremen	0.55	Bourgogne	0.41	Umbria	0.95	Opolskie	0.40
Berlin	0.45	Centre-Val de Loire	0.38	Valle d'Aosta	0.89	Podkarpackie	0.43
Estonia	0.42	Champagne-Ardenne	0.46	Veneto	0.76	Pomorskie	0.41
Dublin	0.88	Corse	0.70	Kypros	0.46	Świętokrzyskie	0.43
Southern	1.00	Martinique	0.50	Lettonia	0.49	Warmińsko-Mazurskie	0.42

Source: our elaboration

The analysis shows that by working on the critical variables, the regions that can reach maximum efficiency go from 13 to 32 regions, while totally inefficient regions are less. The most interesting results may be recorded in the regions of Eastern Europe which, by implementing the right policies, would be able to achieve efficiency measures in line with the rest of Europe; an example is represented by regions such as Yugozapaden (Bulgaria), Jihovychod (Czech Republic), Del-Alfold (Hungary) but more generally all of Eastern Europe records considerable efficiency gains going from values equal to 0 or close to 0, managing to touch minimum levels ranging from 0.39 upwards. Similar trends are also recorded for some of the large economies such as Belgium where it is possible to record how a DEA of 0.12 for the Namur region can increase its efficiency up to 0.49 as well as Liège go from 0.11 to 0.49.

The margins for improvement of the Mediterranean countries are also interesting, as they have the possibility of significantly increasing their efficiency, an example can be the Italian case which shows how implementing the right corrective measures, the efficiency values can be achieved in 6 regions (Nowadays there is only one region with maximum efficiency). Greece, on the other hand, would go from 4 to 6 regions.

As regards France, it should be emphasized that, based on current values, it is already maximizing its efficiency to the point that a change in the management of inputs / outputs would correspond to a loss of efficiency. In the Mediterranean area it is the only one to register this trend.

Finally, is reported how the geographically northern regions are already in a condition of maximum (or almost maximum) efficiency, with reference to the current inputs / outputs, so that a change in their management would lead either to a worsening of efficiency or to a modest increase such as eg. Germany or Ireland.

5 Conclusions

The aim of this study is to analyze how competitiveness can be exploited to provide a more dignified life to its citizens. The evaluation was carried out in terms of efficiency in converting competitiveness into human development through the DEA. To applying the DEA, it was decided to use the RCI scores relating to the basic, efficiency and innovation sub-index as inputs, while the scores of life expectancy, gross schooling rate and pro-GDP understand PPP were taken as output. Before proceeding with the definition of the efficiency of the states, an analysis of the clusters was carried out to verify if it was possible to make a distinction between the European regions. In fact, from the analysis it emerged that Europe can be distinguished in northern Europe and south-eastern Europe. At this point we proceeded with the application of the DEA to evaluate the results and progress. The scores obtained by the DEA offer a distinction of Europe in the east-north-Mediterranean. In particular, it can be read how Eastern Europe is characterized, to date, by maximum inefficiency ($DEA = 0$). These countries, currently considered emerging, are characterized by having relatively low levels of both HDI and RCI. With reference to Mediterranean Europe, the situation is fluctuating, recording values ranging from maximum efficiency to maximum inefficiency. It should be emphasized, however, that very low values are recorded in small economic realities while the maximum efficiency occurs in capitals or large cities. Finally, in Northern Europe there is a linear trend without major fluctuations. A common element for the entire continent is that the maximum efficiency values are recorded in almost all capitals: this is true for Bucharest, in Romania, which falls into the category of inefficient nations; it applies to Brussels, Belgium, which is one of the major European economies; it also applies to Île-de-France belonging to Mediterranean Europe. Indeed, the 2019 competitiveness report also offers a similar trend in the competitive arena.

Finally, it is possible to note how northern and Mediterranean Europe find themselves in opposition given that the southern regions, although they have lower RCI values, still manage to efficiently transform competitiveness into human development; while in northern Europe, despite significantly higher data, lower performances are recorded.

Finally, there has been an evaluation of the efficiency of European regions using a linear projection frontier: through slack analysis it has been made a projection of the outputs for the groups of countries to emphasize the potential outputs obtainable given the current inputs. The results showed that the greatest improvements can be achieved for inefficient regions, which means that by adopting the right policies you can improve the quality of life of your citizens. Eg. Romania which showed a $DEA = 0$ (apart from the capital) with the right interventions manages to bring 5 regions out of 8 to maximum efficiency levels. It can then be noted that greater increases are recorded in regions with relatively low results to the detriment of cities with average values. The results show how the Northern Europe is

achieving lower increases than the Mediterranean, projecting itself to levels slightly higher than the current situation. This data confirms how these regions are already achieving the maximum efficiency obtainable with the current inputs / outputs.

The methodology proposed in this study could be used to analyze the performance over several years to be able to identify a trend of the results and could be further improved by analyzing which are the variables that have the greatest influence in the definition of the results.

Appendix - Table with data on competitiveness and human development

Region	Life expectation	Schooling	GDP per capita	Innovation	Efficiency	Base
Bruxelles (Brussel)	81.60	139.4	63700.00	83.22	85.92	74.30
Oost-Vlaanderen	82.60	169.39	33500.00	75.31	66.72	71.31
Antwerp	83.00	126.05	43500.00	77.40	85.92	76.55
Hainaut	79.60	110.57	22900.00	57.74	67.35	66.72
Luxembourg (BE)	80.60	111.04	22600.00	58.06	69.57	66.72
Liège	80.60	103.97	26100.00	61.59	67.35	66.72
Namur	80.30	111.88	24600.00	61.60	71.54	66.72
West-Vlaanderen	83.20	134.48	35800.00	68.76	83.55	69.91
Limburg	83.30	131.42	29800.00	72.08	83.55	71.31
Yugozapaden	76.00	95.51	28000.00	31.02	67.19	27.23
Yuzhen tsentralen	75.60	48.52	11700.00	7.16	46.28	27.23
Severoiztochen	75.00	83.02	12900.00	9.72	39.68	18.25
Severen tsentralen	74.60	90.73	11100.00	2.77	46.28	15.74
Yugoiztochen	74.50	83.17	12600.00	3.04	39.68	13.74
Severozapaden	73.70	92.82	10200.00	2.56	28.85	5.98
Jihovychod	79.90	82.54	26300.00	57.77	70.77	57.77
Jihozapad	79.50	81.57	24500.00	53.31	65.76	51.78
Moravskoslezsko	77.90	79.39	22800.00	54.08	66.16	53.48
Prague	81.00	139.2	64600.00	62.75	82.56	62.75
Severovychod	79.70	80.21	23800.00	54.08	66.70	54.08
Severozapad	77.70	73.78	20100.00	53.31	57.55	48.33
Střední Morava	79.30	86.33	23600.00	53.31	65.84	53.31
Hovedstaden	81.50	78.46	51400.00	90.18	84.45	99.54
Midtjylland	82.00	85.11	36500.00	72.02	82.24	90.78
Nordjylland	81.30	84.09	33200.00	61.02	71.89	84.45
Sjælland	80.80	82.9	28000.00	65.47	78.03	90.78
Syddanmark	81.50	84.8	35600.00	64.13	76.10	87.18
Thüringen	80.70	52.8	27000.00	64.86	79.11	71.21
Schleswig-Holstein	80.90	98.34	31100.00	66.25	80.54	74.94
Sachsen-Anhalt	80.00	51.96	26600.00	60.04	71.36	74.50
Saarland	80.20	74.73	32600.00	63.62	76.44	74.98
Rheinhausen-Pfalz	81.30	58.96	34800.00	70.13	84.83	82.49
Düsseldorf	80.70	72.54	38800.00	68.14	84.92	82.31

Hamburg	81.50	71.9	61000.00	84.09	90.72	84.51
Bremen	80.70	73.13	44600.00	74.54	78.79	75.43
Berlin	81.50	60.41	38900.00	77.97	81.26	83.52
Estonia	79.00	73.83	25800.00	57.14	57.14	62.62
Eastern and Midland (Dublin)	83.00	69.48	62900.00	74.54	76.58	74.54
Southern (South-West)	82.40	76.27	75100.00	69.22	76.58	65.38
Northern and Western (Mid-West)	82.90	75.09	20900.00	56.28	55.29	58.56
Anatoliki Macedonia, Tracia	81.10	64.57	14100.00	15.88	21.03	7.37
Attiki	81.20	64.83	28200.00	49.15	59.57	25.47
Dytiki Ellada	81.50	63.25	15000.00	20.87	19.80	8.55
Dytiki Makedonia	82.50	78.51	17200.00	16.68	20.74	8.20
Ionia Nisia	81.40	78.11	19600.00	12.96	25.35	15.27
Ipeiros	84.00	67.78	14600.00	19.41	28.09	9.91
Kentriki Macedonia	81.70	66.94	16200.00	26.66	36.59	14.82
Kriti	82.10	68.01	17600.00	27.28	25.96	12.02
Notio Aigaio	82.30	66.24	22300.00	12.96	24.72	12.76
Peloponnese	82.10	65.44	17500.00	12.96	23.76	13.74
Stereia Ellada	81.80	58.77	18700.00	12.96	26.65	13.98
Thessalia	82.30	68.94	15800.00	15.88	27.44	12.35
Voreio Aigaio	82.70	59.01	13700.00	16.60	6.75	16.57
Andalusia	82.60	70.35	21000.00	39.49	25.10	49.67
Aragon	84.40	77.6	30900.00	46.00	43.72	57.21
Canary Islands	83.50	75.86	23000.00	32.45	28.44	49.50
Cantabria	83.90	85.24	26200.00	42.46	54.18	56.12
Castilla y León	84.70	84.34	26800.00	38.12	41.67	53.04
Castilla-La Mancha	83.90	73.51	22400.00	31.65	27.86	59.34
Catalonia	84.30	69.02	33500.00	55.32	56.01	68.32
Ciudad Autónoma de Ceuta	81.40	77.93	22500.00	25.51	17.75	43.89
Comunidad de Madrid	85.80	73.38	38700.00	67.32	74.95	68.32
Comunidad Foral de Navarra	85.00	80.26	34400.00	47.18	60.83	54.56
Comunidad Valenciana	83.50	74.93	24800.00	43.35	46.05	54.42
Extremadura	83.10	77.21	20700.00	28.77	15.75	50.05

Ciudad Autónoma de Melilla	81.40	69.45	20600.00	24.79	15.75	44.98
Galicia	84.00	90.53	25600.00	40.31	46.42	49.49
La Rioja	84.20	76.95	30200.00	37.94	48.20	53.10
Pais Vasco	84.50	88.89	36500.00	56.17	73.36	57.67
Principado de Asturias	83.20	81.89	25000.00	41.79	49.75	51.42
Región de Murcia	82.90	73.46	23200.00	37.94	31.18	54.45
Illes Balears	84.20	67.05	30600.00	40.42	41.98	50.58
Auvergne	82.50	64.2	26200.00	57.45	69.42	51.82
Basse-Normandie	82.50	68.4	25600.00	50.97	66.20	51.34
Bourgogne	82.40	65.61	26800.00	49.50	67.47	55.51
Centre-Val de Loire	82.70	66.75	26900.00	56.43	72.21	59.90
Champagne-Ardenne	81.80	64.5	27200.00	47.63	56.64	61.56
Corse	84.00	64.56	25200.00	49.72	48.31	47.14
Martinique	82.10	74.11	23100.00	44.98	47.49	33.70
Franche-Comté	82.80	65.69	24900.00	55.72	69.11	50.99
Guadeloupe	81.80	73.66	21500.00	31.05	38.39	34.12
Haute-Normandie	81.80	64.82	27400.00	53.42	70.87	60.24
Île-de-France	84.60	64.15	56700.00	84.79	94.45	77.25
Languedoc-Roussillon	83.10	64.83	24600.00	59.44	61.39	55.37
Limousin	82.30	64.46	23900.00	44.64	69.99	50.61
Lorraine	82.00	65.34	23700.00	55.86	70.04	55.12
Mayotte	75.90	59.63	8900.00	36.95	2.21	29.87
Midi-Pyrénées	83.80	63.73	30100.00	65.63	75.54	58.18
Pays de la Loire	83.40	104.13	29200.00	59.15	76.16	57.53
Picardie	81.40	64.47	24300.00	51.20	66.81	61.48
Poitou-Charentes	82.80	65.93	26500.00	53.03	64.59	51.32
Provence-Alpes-Côte Azur	83.40	69	30800.00	84.79	70.16	60.88
La Réunion	81.30	70.02	20800.00	38.69	39.14	40.96
Rhône-Alpes	84.10	65.02	33400.00	84.79	81.70	63.04
Bretagne	82.50	67.2	27900.00	57.34	75.76	52.30
Jadranska Hrvatska	79.90	75.21	20100.00	28.72	46.93	29.34
Abruzzo	83.70	97.07	25600.00	36.84	44.24	36.43
Basilicata	83.00	105.21	23200.00	28.27	36.31	32.27
Calabria	82.80	99.22	17700.00	25.09	23.61	35.45
Campania	82.10	98.87	19500.00	30.49	30.80	40.99

Emilia-Romagna	84.00	100.49	36600.00	47.09	65.95	45.42
Friuli-Venezia Giulia	83.90	101.57	32700.00	46.12	60.89	43.44
Lazio	83.80	100.77	35100.00	54.23	61.24	46.49
Liguria	83.50	99.97	32900.00	47.24	57.70	47.62
Lombardia	84.20	96.15	39800.00	51.82	68.04	49.32
Marche	84.40	99.46	28400.00	38.56	54.14	39.98
Molise	83.60	99.48	21800.00	31.40	45.79	35.87
Piemonte	83.30	101.03	32000.00	47.62	61.12	47.37
Provincia Autonoma di Bolzano	84.50	121.57	48600.00	36.27	65.12	35.34
Provincia Autonoma di Trento	84.90	99.91	39500.00	52.24	67.64	37.68
Puglia	83.70	98.4	19500.00	28.65	26.53	40.72
Sardegna	83.60	104.52	22000.00	36.46	27.59	36.28
Sicilia	82.30	98.53	18400.00	27.68	21.45	39.84
Toscana	84.10	102.7	33100.00	44.91	59.47	42.89
Umbria	84.50	101.17	26600.00	42.45	56.20	37.58
Valle d'Aosta	83.60	97.09	38900.00	32.51	55.04	36.93
Veneto	84.30	98.03	34100.00	43.60	62.66	46.41
Kypros	82.30	56.54	27528.00	56.96	56.96	48.93
Latvija	75.70	68.07	21436.00	38.48	39.46	39.46
Vidurio ir vakarų Lietuvos	76.40	46.37	21300.00	32.71	59.71	31.00
Sostinės regionas (Vilnius County)	76.90	46.41	38200.00	44.71	72.52	53.85
Luxembourg	82.70	78.51	52877.00	84.09	90.21	84.09
Del-Alfold	76.20	86.85	16600.00	22.80	51.63	20.26
Del-Dunantul	76.00	78.72	15500.00	24.20	46.08	18.13
Eszak-Alfold	75.50	84.29	14700.00	21.12	45.69	17.17
Eszak-Magyarország	74.50	74.51	15200.00	21.81	46.83	19.42
Közép-Dunantul	76.20	83.56	21100.00	29.21	62.24	26.65
Közép-Magyarország (Budapest)	77.90	175.2	47300.00	55.91	75.50	34.12
Nyugat-Dunantul	77.30	85.83	22100.00	28.49	61.59	27.91
Drenthe	81.90	83.95	27300.00	66.84	75.97	86.10
Friesland	82.00	84.1	28000.00	61.67	72.85	89.54
Gheldria	82.10	80.79	33800.00	74.77	85.50	96.32
Groningen	81.30	78.26	36400.00	75.63	78.91	85.27

Limburg	81.80	77	35400.00	70.73	83.87	93.94
Noord-Brabant	82.30	75.3	40700.00	74.69	86.54	96.41
Noord-Holland	82.40	82.11	53600.00	84.31	91.48	97.30
Overijssel	81.90	80.4	33800.00	69.81	81.77	92.98
Zeeland	82.60	77.95	31800.00	60.43	80.27	88.52
Zuid-Holland	82.20	75.79	38800.00	78.80	87.34	98.26
Utrecht	82.70	77.63	50200.00	90.16	96.62	99.52
Wien	80.50	82.24	46400.00	72.75	86.34	81.09
Oberösterreich	81.40	80.96	40400.00	61.06	83.23	74.87
Vorarlberg	83.30	78.48	42200.00	59.63	81.91	81.13
Steiermark	82.20	80.72	36100.00	65.38	80.40	71.78
Salzburg	82.80	90.51	47100.00	61.57	81.67	74.05
Burgenland	81.90	75.7	27800.00	59.50	80.14	76.22
Tirol	83.00	84.5	42200.00	59.75	81.25	73.53
Kärnten	82.20	82.92	33800.00	60.87	77.43	68.83
Dolnoslaskie	77.50	67.81	24900.00	33.81	64.75	28.25
Śląskie	77.50	70.69	23300.00	28.83	72.81	32.70
Lodzkie	76.90	28.91	21400.00	23.64	64.47	28.37
Lubuskie	78.20	67.14	18500.00	19.81	57.06	23.53
Malopolskie	79.20	69.99	20800.00	31.23	69.40	32.54
Mazowieckie	77.00	68.2	19600.00	34.21	63.01	28.72
Opolskie	78.20	71.16	18000.00	19.28	62.04	29.10
Podkarpackie	79.40	69.74	16100.00	21.45	54.40	28.47
Pomorskie	78.50	70.51	22200.00	33.71	61.99	34.43
Swietokrzyskie	78.00	71.77	16200.00	16.19	58.11	23.27
Warminsko-Mazurskie	77.20	66.18	15600.00	20.94	45.18	26.93
Wielkopolskie	78.10	42.24	24700.00	24.73	63.15	29.38
Zachodniopomorskie	77.50	64.91	18800.00	27.14	54.40	28.37
Kujawsko-pomorskie	77.50	71.04	18100.00	23.24	55.40	25.64
Lubelskie	78.20	70.03	15500.00	23.22	55.72	24.46
Alentejo	80.70	69.27	22400.00	25.68	40.33	39.65
Algarve	80.70	68.59	27600.00	23.89	39.76	46.91
Lisbon Metropolitan Area	82.20	77.58	32000.00	64.75	68.26	57.32
Centru	82.00	71.95	21300.00	35.96	48.53	47.26
Norte	82.40	70.39	21000.00	34.99	43.61	50.90

Região Autónoma da Madeira	78.80	68.43	23800.00	26.04	26.05	42.98
Região Autónoma dos Açores	78.80	63.32	21800.00	27.62	8.62	39.92
Bucureşti-Ilfov	77.20	92.54	50100.00	44.28	80.94	18.12
Centru	76.00	64.76	20400.00	8.40	38.26	2.31
Nord-Est	74.60	64.27	13600.00	1.03	34.00	1.86
Nord-Gilet	75.70	68.84	20200.00	12.69	44.37	0.73
Sud-Muntenia	75.50	63.17	16500.00	3.56	40.03	8.46
Sud-Est	74.40	68.63	17300.00	0.00	29.40	0.00
Sud-Vest Oltenia	76.20	74.81	16900.00	5.86	34.94	2.02
Veste	75.60	73.65	22400.00	15.61	47.63	3.10
Zahodna Slovenija (Osrednjeslovenska)	82.80	104.06	33000.00	65.67	74.16	61.29
Vzhodna Slovenija (Jugovzhodna Slovenia)	80.70	90.69	22900.00	44.66	64.20	56.00
Bratislavský kraj	79.30	104.03	50200.00	68.76	86.39	56.04
Stredne Slovensko	77.20	70.15	17600.00	30.54	54.58	38.68
Vychodne Slovensko	77.60	58.61	15300.00	30.27	45.08	35.39
Zapadne Slovensko	78.00	70.08	20200.00	29.32	62.38	42.50
Aland	83.90	72.31	36000.00	48.68	60.25	80.47
Etela-Suomi	81.70	107.28	30300.00	67.16	69.57	83.35
Helsinki-Uusimaa	82.60	117.6	44800.00	89.32	88.91	91.57
Lansi-Suomi	82.30	109.66	30100.00	66.33	66.23	77.05
Pohjois-ja Ita-Suomi	81.50	110.42	28400.00	60.90	53.58	73.78
Mellersta Norrland	82.10	101.88	31800.00	50.70	55.75	85.61
Norra Mellansverige	82.70	98.6	29700.00	52.80	62.65	82.63
Ostra Mellansverige	83.00	95.69	31800.00	75.26	79.57	91.13
Ovre Norrland	82.20	99.04	36200.00	63.03	55.25	82.48
Smaland med oarna	83.60	95.19	31400.00	52.21	71.35	85.20
Stockholm	83.90	56.61	51300.00	92.07	96.97	100.00
Sydsverige	83.10	94.02	31800.00	74.52	83.70	94.70
Vastsverige	83.10	95.25	36000.00	70.70	82.65	90.66

References

- Aiginger, K. (1998). A framework for evaluating the dynamic competitiveness of countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 9(2), 159-188.
- Annoni P., & Dijkstra, L. (2017). Measuring and monitoring regional competitiveness in the European Union. In R. Huggins & P. Thompson (Eds.), *Handbook of regions and competitiveness* (pp. 49-79). Edward Elgar Publishing.
- Annoni, P., & Dijkstra, L. (2019). *The European Regional Competitiveness Index 2019* (Working papers). European Union.
- Azariadis, C., & Drazen, A. (1990). Threshold Externalities in Economic Development. *Quarterly Journal of Economics*, 105, 501-526.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Baumgartner, R. J., & Ebner, D. (2010). Corporate sustainability strategies: Sustainability profiles and maturity levels. *Sustainable Development*, 18(2), 76-89.
- Becker, C. (2011). *Sustainability ethics and sustainability research*. Springer Science & Business Media.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., Seiford, L. M., & Stutz, J. (1985). Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production-Functions. *Journal of Econometrics*, 30, 91-107.
- Choi, Y., Zhang, N., Zhou, P. (2012). Efficiency and abatement costs of energy-related CO2 emissions in China: A slacks-based efficiency measure. *Applied Energy*, 98, 198-208.
- Cook, W. D., & Zhu, J. (2014). *Data envelopment analysis: A handbook of modeling internal structure and network*. Springer.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis. A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. Springer US.
- Corduas, C. C. (2013). *Sostenibilità ambientale e qualità dello sviluppo*. Edizioni Nuova Cultura.
- Davies, A. & Quinlivan, G. (2006). A Panel Data Analysis on the Impact of Trade on Human Development. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 35, 868-876.
- Despotis, D. A (2005). A reassessment of the human development index via data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 56(8), 969-980. DOI: 10.1057/palgrave.jors.2601927
- Fagerberg, J. (1996). Technology and Competitiveness. *Oxford Review of Economic Policy*, 12, 39-51.

- Gan, G., Chaoqun, M. A., & Wu, J. (2007). *Data Clustering: Theory Algorithms and Applications*. Siam (Society for Industrial and Applied Mathematics).
- Habermas, J. (1996). *Die Postnationale Konstellation*. Suhrkamp. (*La costellazione postnazionale*, Feltrinelli, 1999).
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). *Finding Groups in Data: An introduction to Cluster Analysis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Lopez-Claros, A., Altinger, L., Blanke, J., Drzeniek, M., & Mia, I. (2006). *The Global Competitiveness Report 2006-2006*. World Economic Forum.
- Lucas, R. E. (1988). *On the Mechanisms of Economic Development*. Journal of Monetary Economics, 22, 3-42.
- Mariano, E., & Rebelatto, D. (2014). Transformation of wealth produced into quality of life: analysis of the social efficiency of nation-states with the DEA's triple index approach. *Journal of the Operational Research Society*, 65(11), 1664-1681.
- Ranis, G., Stewart, F. & Ramirez, A. (2000). Economic Growth and Human Development. *World Development*, 28, 197-219.
- Sala-i-Martin, X., & Artadi, E. V. (2004). The Global Competitiveness Index. In *The Global Competitiveness Report 2004-2005*. Oxford University Press for the World Economic Forum.
- Schwab, K. (2009). *The Global Competitiveness Report 2009-2010*. World Economic Forum.
- Schwab, K. (2014). *The Global Competitiveness Report 2013-2014*. World Economic Forum.
- Schwab, K. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. World Economic Forum.
- Sen, A. (1999). *Development as Freedom*. Oxford University Press.
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 130, 498-509.
- Trattato sull'Unione Europea*, Titolo I - Disposizioni Comuni: Articolo 3 (ex articolo 2). https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2bf140bf-a3f8-4ab2-b506-fd71826e6da6.0017.02/DOC_1&format=PDF
- Ülengin, F., Kabak, Ö., Önsel, Ş., Aktaş, E., & Parker, B. R. (2011). The competitiveness of nations and implications for human development. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45(1), 16-27.
- United Nations Development Programme. (2010). *Human Development Report 2010: The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development*. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2010>
- United Nations Development Programme. (2020). *Human Development Report 2020: The Next Frontier: Human Development and the Anthropocene*. <http://report2020.archive.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/>

Volatility dynamics between green and sovereign bonds in Europe

Alessandra Ortolano *

Department of Economic Studies
University “G. d’Annunzio” of Chieti-Pescara
E-mail: alessandra.ortolano@unich.it

Eliana Angelini

Department of Economic Studies
University “G. d’Annunzio” of Chieti-Pescara
E-mail: eliana.angelini@unich.it

** Corresponding author*

Abstract

The paper is a study on the dynamical conditional correlations between the European markets of green and sovereign bonds before and during the pandemic. To this purpose, we apply the Dynamic Conditional Correlation Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity (DCC-GARCH) model to the Bloomberg MSCI Euro Green Bond Index and to S&P Eurozone Sovereign Bond Index. After calculating the univariate GARCH for each series, the model allows us to observe the dynamic interrelations over the short and long run for both periods of analysis. Our main results demonstrate that if the long term parameter is significant each time, in the short run the two indices are dynamically conditionally correlated only during the pandemic. We deem this issue interesting in terms of portfolio construction as it testifies that the two market segments can be allocated for diversification purposes in the short run during “normal” times, while this property vanishes in periods of crisis. All in all green bonds seem to present analogous behaviors with conventional bonds so they cannot be regarded as a different asset class, but they are fundamentally substitutes or supplements of more traditional fixed income securities. Notwithstanding they allow investors to integrate climate risk in their portfolios showing a risk-return profile similar to that of Treasury bonds. The added value of our research is given by the focus on the volatility connections between the green and sovereign segments of the European fixed income: to the best of our knowledge there is lacking research on this topic.

Keywords – Green bonds; Sovereign bonds; Volatility

Paper type – Academic Research Paper

Sommario

L'articolo presenta uno studio sulle correlazioni dinamiche condizionali tra i mercati europei delle obbligazioni verdi e sovrane prima e durante la pandemia. A tal fine, si applica il modello Dynamic Conditional Correlation Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity (DCC-GARCH) agli indici *Bloomberg MSCI Euro Green Bond* e *S&P Eurozone Sovereign Bond*. Dopo aver calcolato il GARCH univariato per ogni serie, il modello consente di osservare le interrelazioni dinamiche nel breve e nel lungo termine per entrambi i periodi di analisi. I risultati principali dimostrano che se il parametro di lungo termine è significativo ogni volta, nel breve periodo i due indici sono dinamicamente correlati in modo condizionato solo durante la pandemia. Si ritiene tale aspetto interessante in termini di costruzione di portafoglio, in quanto testimonia che i due segmenti di mercato possono essere allocati con lo scopo di diversificare gli investimenti nel breve periodo in tempi "normali", mentre questa proprietà svanisce in periodi di crisi. Nel complesso, i green bonds sembrano presentare comportamenti analoghi a quelli delle obbligazioni convenzionali, per cui non possono essere considerati una classe differente di attivi, ma sono fondamentalmente sostituiti dei titoli a reddito fisso più tradizionali. Tuttavia, consentono agli investitori di integrare il rischio climatico nei propri portafogli, mostrando un profilo di rischio-rendimento simile a quello dei titoli del Tesoro. Il valore aggiunto della ricerca è dato dal focus sulle connessioni di volatilità tra i segmenti green e sovrano del reddito fisso europeo: tale aspetto risulta essere innovativo in letteratura.

Parole chiave – Obbligazioni green; Obbligazioni sovrane; Volatilità

Tipo di articolo – Articolo accademico

Article history:

Received 11 May 2022

Received in revised form 1 August 2022

Accepted 2 August 2022

Available online

1 Introduction

Green bonds constitute a specific segment of the fixed income, able to implement the intertemporal burden sharing of climate mitigation across generations (Flaherty et al., 2017; Orlov et al., 2017; Andersen et al., 2016; Sachs, 2014) and to finance the development of the low-carbon transition (Monasterolo & Raberto, 2018). Furthermore, it's demonstrated that the non-pecuniary motivates (especially pro-environmental preferences) grant a significant, but low, premium that highlights the opportunity for issuers to expand their bondholders (Zerbib, 2019).

Consistently, the attractiveness of these bonds is testified by the exponential growth that the market has recorded, even during the pandemic period. More specifically, though the sustainable bond market has been characterized by a further split in its themes, in terms of social, sustainable and pandemic bonds, the green segment has shown an increasing demand and better performances compared to plain vanilla debt instruments. In particular, over the 2020 the market has had a discontinuous trend: if in the first quarter its volume has dropped lower than a half of 2019 (Climate Bonds Initiative, 2020a), in the third quarter of 2020 green bonds have reached the highest volume of issuance for a third quarter, i.e., USD 69.4 bn (Climate Bonds Initiative, 2020b). As concerns 2021, at the end of the third quarter, the total issuance has reached USD 354.2 bn and it has shown a growth of 15.8% compared with Q3 2020 (Climate Bond Initiative, 2021a). In particular, the European market is the most developed in the world, being the source of numerous dedicated investment mandates, and the most advanced policy measures. Europe has been the most prolific region, with cumulative issuance reaching USD 758 bn by year end. Half of the 2021 green bond volumes originated in Europe and contributed USD 265 bn (50%) to the total. The most aggressive Year Over Year (YOY) growth in the region came from financial corporate (136%) and sovereign (103%) issuer types (Climate Bond Initiative, 2021b). Where practicable, issuers prefer to issue in EUR to obtain maximum investor diversification. In more detail, over the post-Covid inflationary environment, investors have put caution on the possibility that their returns could be eroded; notwithstanding, in the first semester of 2021 rates have remained low, thanks to the ongoing support of central banks and of other pandemic measures, contributing to bond price rising. Specifically, analyzing green bonds yields, researchers have observed a premium, called the “greenium”, that investors are willing to pay in order to make a sustainable investment (e.g., Hyun et al., 2020; Zerbib, 2019): in this sense the cost of debt should be lower than the conventional one. In particular, this phenomenon is typical of the primary market: the price of new issuance is higher than the outstanding debt. However, the market has shown larger spread compression than the plain vanilla's one: in the first half of 2021 it has tightened 24.4 bps (29.9 bps) for the EUR (USD) segment, compared to the 19.6 (24.8) bps of the plain vanilla bonds (Climate Bond Initiative, 2021b). This issue is explainable by the oversubscriptions of green bonds compared with the ongoing lack of supply. Looking more deeply to

the comparison between green and conventional bonds, Febi et al. (2019) observe the impact of liquidity risk on the yields and, despite the greater demand over the supply, they find that green bonds are more liquid than conventional ones over the period 2014-2016. They moreover confirm a positive correlation between liquidity risk and green bonds yields, but evidence that this effect gets negligible over time. Nanayakkara and Colombage (2019) investigate the price difference of green and conventional bonds, in a global study for the period 2016-2017. In particular they adopt the Option-Adjusted Spread (OAS) and control for the influence of bond specific, macroeconomic and global factors. They find that green bonds are traded at a premium of at least 63 bps, showing the investors' interest for these instruments as a source of portfolio diversification and important implications for stakeholders, in order to support the market growth. Also Ortolano and Nissi (2022) focus their research on the OAS of green bonds in order to observe the volatility of the credit risk component of the bonds both during and before the pandemic. Gianfrate and Peri (2019) analyze the convenience to issue bonds labeled as "green", versus conventional ones. Through a propensity score matching approach, made on European bonds over the period 2013-2017, they assess that there's a significant convenience to issue green bonds, expressed by lower interests paid annually to investors of 18 basis points. They also show that this advantage is achieved both by corporate and non-corporate entities and overcomes the extra costs, needed to obtain the "green" certification. Broadstock and Cheng (2019), studying the determinants of the time-varying correlation between the green and black bond markets over the period 28 November 2008-31 July 2018, find that the correlation changes over time and is sensitive to financial market volatility, economic policy uncertainty, daily economic activity and oil prices. Reboredo (2018) finds analogies with corporate and treasury bond markets. Hachenberg and Schiereck (2018) observe the risk-return profile, matching the daily i-spreads of green-labeled and similar non-green-labeled bonds in order to look at their pricing differentials. They find that rating classes AA-BBB of green bonds, trade marginally tighter for the respective period compared to non-green bonds of the same issuers. Furthermore, financial and corporate green bonds trade tighter than their comparable non-green bonds. The authors also observe that industry and ESG rating have a significant influence on the difference, contrary to issue size, maturity and currency. Finally, Ortolano and Angelini (2021), focusing the analysis on the green bonds listed in Borsa Italiana, find that market and macroeconomic variables affecting their capital gain change over time and in some cases present analogies with conventional bonds.

With reference to the overall fixed income market, credit risk has raised up during the pandemic period and has shown up and down correlations with the epidemic trend; however, the levels reached are definitely lower than those recorded during the Financial Crisis (Byström, 2021).

In this context, we focus our attention to the European sovereign bond market. Specifically, the total outstanding for the Euro area in February 2022 is equal to 9,984.8 billion euros (European Central Bank, 2022a). In particular, looking to the period 2016-2021 the debt expressed as a percentage of GDP is equal to 90 at the end of 2016, shows a slight decrease in the following three years, then reaches 97 at the end of 2020. In the third quarter of 2021, the euro debt is 97.7% of the GDP (European Central Bank, 2022b).

In order to understand the government bond market's behavior, Richter (2022) documents commonality in the liquidity of sovereign bonds, namely the occurrence of negative cross-market correlations of liquidity across several markets and time periods. More specifically he shows that local market-level liquidity changes exert a substantial influence on the liquidity of single bonds, while there is only little evidence that changes in global liquidity affect the liquidity of individual sovereign bond markets. Zaremba et al. (2021) demonstrate that during the pandemic, government interventions substantially reduced local sovereign bond volatility mainly through economic support policies. Karkowska and Urjasz (2021) study the volatility spillovers between selected post-communist countries from Central and Eastern Europe (CEE) and major global and European sovereign bond markets, over the period 2008-2020. They find that CEE countries are more interlinked with each other than with global markets, suggesting to look separately at advanced and developing bond markets in European countries, under a portfolio management perspective. Paule-Vianez et al. (2021), looking to the sovereign bonds yields during the pandemic for the G7 countries, observe that the fear for Covid impacts positively the ten-year bond yield, consistently with an increase of the country risk perception. Cevik and Jalles (2020) find that the vulnerability and resilience to climate change have a significant impact on the cost government borrowing; in particular, countries that are more resilient to climate change have lower bond yields and spreads relative to countries with greater vulnerability to risks associated with climate change.

The paper is a study on the dynamical conditional correlations between the European markets of green and sovereign bonds before and during the pandemic. To this purpose, we apply the DCC-GARCH model to the Bloomberg MSCI Euro Green Bond Index (hereinafter GREEN) and to S&P Eurozone Sovereign Bond Index (hereinafter SOV). After calculating the univariate GARCH for each series, the model allows us to observe the dynamic interrelations over the short and long run for both periods of analysis. Our main results demonstrate that if the long term parameter is significant each time, in the short run the two indices are dynamically conditionally correlated only during the pandemic. We deem this issue interesting in terms of portfolio construction as it testifies that the two market segments can be allocated for diversification purposes in the short run during “normal” times, while this property vanishes in periods of crisis.

The added value of our research is given by the focus on the volatility connections between the green and sovereign segments of the European fixed income: to the best of our knowledge there is lacking research on this topic.

2 Methodology and data

2.1 Methodology: the DCC-GARCH

The Dynamic Conditional Correlation GARCH model (DCC-GARCH) (Engle, 2002) is illustrated below.

The DCC-GARCH calculation is made by two steps.

The first step deals with the conditional heteroskedasticity. It consists in estimating, for each one of the n series of returns $r_{i,t}$, its conditional volatility $\sigma_{i,t}$ using a GARCH model. Let D_t be a diagonal matrix with these conditional volatilities, i.e. $D_t^{ii} = \sigma_{i,t}$ and, if $i \neq j$, $D_t^{ij} = 0$. Then the standardized residuals are:

$$v_t := D_t^{-1}(r_t - \mu)$$

$r_t = n \times 1$ vector of returns

$\mu = n \times 1$ vector of expected returns

The aforementioned standardized residuals have unit conditional volatility.

Now we define the Constant Conditional Correlation (CCC) (Bollerslev, 1990) through the following matrix:

$$R := \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T v_t v_t'$$

The second step is the Dynamic Conditional Correlation (DCC) itself, i.e. the generalizing CCC model (Bollerslev, 1990) that captures the dynamics in the correlation:

$$Q_t = R + \lambda_1 (v_{t-1} v_{t-1}' - R) + \lambda_2 (Q_{t-1} - R)$$

So Q_t^{ij} is the correlation between $r_{i,t}$ and $r_{j,t}$

2.2 Data

The data adopted are made by the daily performances of the Bloomberg MSCI Euro Green Bond Index and S&P Eurozone Sovereign Bond Index, observed during two sub periods:

- 20th October 2016-20th February 2020;
- 21th February 2020-8th November 2021.

The pandemic period starts from the 21th February, when the Covid-19 officially started to spread in Italy.

Sources of data are Bloomberg and Standard & Poor's.

3 Results and discussion

We start the discussion of our main results, observing Table 1, where are reported the descriptive statistics, the normality and the Unit-root test for both periods.

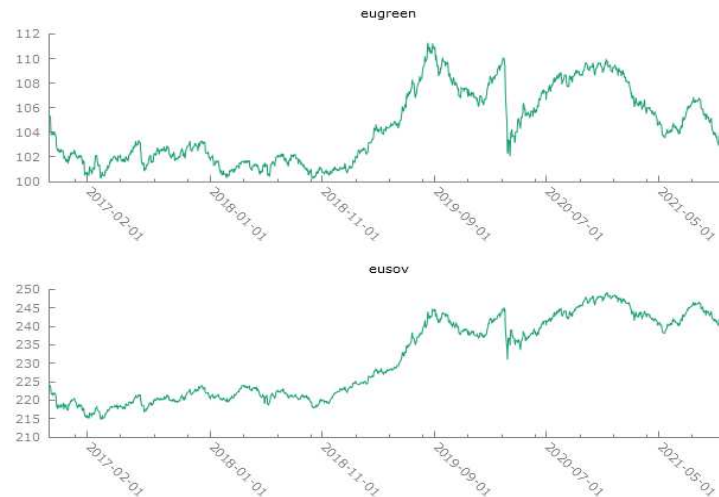
Table 1 - Descriptive statistics, Normality and Unit-root test

Non Pandemic period								
Variable	Mean	Min	Max	St. Dev.	Skewness	Kurtosis	JB test	ADF
GREEN	103.30	100.25	111.29	2.7761	1.1961	0.18895	207.051***	-0.00862683
SOV	225.09	214.87	244.60	8.0462	1.1175	-0.16737	180.627***	-2.16544
Obs. 863								
Pandemic period								
Variable	Mean	Min	Max	St. Dev.	Skewness	Kurtosis	JB test	ADF
GREEN	106.60	102.04	110.04	2.0522	-0.065426	-1.2390	116.225***	-0.0176958
SOV	242.81	230.98	249.03	3.4919	-0.41728	-0.29208	14.4958***	-2.15523
Obs. 445								

*** indicates statistical significance at 1% level

Source: our elaboration

We note that among the two periods of observation the mean value doesn't change considerably for each index. As also displayed by Figure 1, SOV values are higher than GREEN ones. Specifically, the minima values are, respectively, 214.87 and 100.25 for the non-pandemic period and 230.98 and 102.04 for the pandemic. The maxima ones, instead, are 244.60 and 111.29 before the pandemic and 249.03 and 110.04.

Figure 1 - Green and sovereign time series

Source: our elaboration

Each index presents non-normal distribution for both times, as testified by the significant Jarque-Bera tests.

Moreover, the Augmented Dickey-Fuller (ADF) tests for unit root are not significant, so all the series are not stationary. This issue is also clear by the graphics which present a trend for both the indices (Figure 1).

In order to apply the DCC-GARCH, series need to be stationary. For this purpose we have calculated the first differences verified the significance of the ADF tests.

Table 2 and 3 show the results of the DCC-GARCH respectively for the non and the pandemic period. The first three parameters are referred to the first step of the model, i.e. the univariate GARCH. In particular, ω represents the mean, α is the ARCH is parameter and β is the measure of the GARCH.

Specifically, before the pandemic, the ω parameter has a 10% significance for both series.

The ARCH and GARCH parameters are highly significant (1%) for both GREEN and SOV: therefore, respectively, the one-day lagged performance of each series affects its expected value while the β parameters testify the persistence in volatility.

As concerns the pandemic, the latter results are confirmed as well. At the same time, the ω and α are not significant for the green bond index: the latter result expresses the non sensitivity of this variable to its own value during the pandemic crisis.

With reference to sovereign bond market, instead, these parameters are significant respectively at 10% and 1%.

The second part of the tables display the two lambda parameters, the log-likelihood value and the information criteria. In particular the former are the expressions of the DCC-GARCH model as they measure the joint dynamic conditional correlations between the two indices, respectively for the short (λ_1) and long (λ_2) run.

Table 2 - DCC-GARCH Non-pandemic period

	GREEN	SOV
ω	0.000680* (0.000368)	0.005231* (0.002814)
α	0.033264*** (0.010125)	0.069933*** (0.024043)
β	0.951290*** (0.014191)	0.904297*** (0.031981)
λ_1	0.046104 (0.033106)	
λ_2	0.930485*** (0.066829)	
LogLik	93.14852	
AIC	-0.19060	
BIC	-0.12987	
HQC	-0.16735	

Standard error is indicated in parentheses. ***, **, * indicate statistical significance at 1%, 5%, 10% level, respectively

Source: our elaboration

Specifically, for both times, the λ_2 parameter is significant at 1%: so in the long-term, the green and sovereign bond markets are dynamically conditionally correlated, regardless of the presence of a turmoil. On the contrary, the λ_1 parameter is significant only for the pandemic period. We deem this result particularly interesting, since it testifies that the two markets show a short-term joint correlation only during the crisis: during the pandemic the respective sensitivity between the two kinds of bonds is higher as it is definitively more immediate.

All in all our results testify the long-run correlation between the green and sovereign bond markets: this finding is presents similarities with Li et al. (2021), who document a long-run relation between sovereign and corporate bonds. Moreover, our findings confirm a strict connection between the government and green bonds, as already demonstrated by other researchers (e.g. Reboredo & Ugolini, 2020; Reboredo, 2018): in this sense we observe that green bonds show a behavior quite similar to other

segment of the fixed income. Furthermore, in terms of asset allocation, green bonds do not seem to enhance the diversification of a sovereign portfolio, with the exception of the short run during “normal” times.

Table 3 - DCC-GARCH Pandemic period

	GREEN	SOV
ω	0.006631 (0.008342)	0.048021*** (0.021757)
α	0.102563 (0.075247)	0.167533* (0.092920)
β	0.803273*** (0.181957)	0.700628*** (0.110597)
λ_1		0.045581*** (0.013560)
λ_2		0.940302*** (0.018536)
LogLik		5.577455
AIC		0.024426
BIC		0.125899
HQC		0.064442

Standard error is indicated in parentheses. ***, **, * indicate statistical significance at 1%, 5%, 10% level, respectively

Source: our elaboration

4 Conclusions

The paper has analyzed the dynamic conditional correlations between the green and sovereign bond markets in Europe before and during the pandemic. The methodology adopted is the DCC-GARCH.

The main results show that during the pandemic period the two markets are significantly dynamically correlated both in the short and long run, while in the previous time the correlation is testified only in the long run. We deem these findings interesting under a portfolio construction point of view, as the two segments of the bond market can be allocated to diversify the portfolio only for short time investments during no crisis periods. All in all green bonds seem to present analogous behaviors with conventional bond, so they cannot be regarded as a different asset class, but they are fundamentally substitutes or supplements of more traditional fixed income securities. Notwithstanding they allow investors to integrate climate risk in their portfolios showing a risk-return profile to that of Treasury bonds (Ferrer et al., 2021).

The perspectives of future research could be twice: making a comparison with the American and Asian market and investigating the peculiarities of sovereign green bonds compared to conventional ones.

References

- Alici, L. (2004). *Forme della reciprocità*. Il Mulino.
- Andersen, T. M., Bhattacharya, J., & Liu, P. (2016). *Resolving Intergenerational Conflict over the Environment under the Pareto Criterion* (Working Paper 6053). CESifo.
- Baumgartner, R. J., & Ebner, D. (2010). Corporate sustainability strategies: Sustainability profiles and maturity levels. *Sustainable Development*, 18(2), 76-89.
- Becker, C. (2011). *Sustainability ethics and sustainability research*. Springer Science & Business Media.
- Bollerslev, T. (1990). Modeling The Coherence in Short-Run Nominal Exchange Rates: A Multivariate Generalized ARCH Model. *Review of Economics and Statistics*, 72, 498-505.
- Broadstock, D. C., & Cheng, L. T. W. (2019). Time-varying relation between black and green bond price benchmarks: Macroeconomic determinants for the first decade. *Finance Research Letters*, 29, 17-22.
- Byström, H. (2021). Credit Risk in a Pandemic. *The Journal of Fixed Income Fall*, 31, 48-67.
- Cevik, S., & Jalles, J. T. (2020). *This Changes Everything: Climate Shocks and Sovereign Bonds* (Working Paper 2000/79). IMF.
- Climate Bonds Initiative. (2020a). *Green Bond Market Summary Q3 2020*. <https://www.climatebonds.net/resources/reports/green-bonds-market-summary-q3-2020>
- Climate Bonds Initiative. (2020b). *Sustainable Debt. Global State of the Market H1*. <https://www.climatebonds.net/resources/reports/sustainable-debt-global-state-market-2020>
- Climate Bond Initiative. (2021a). *Green Bond Pricing in the Primary Market: January-June 2021*. <https://www.climatebonds.net/resources/reports/green-bond-pricing-primary-market-h1-2021>
- Climate Bond Initiative. (2021b). *Sustainable Debt Global Market 2021*. <https://www.climatebonds.net/resources/reports/sustainable-debt-global-state-market-2021>
- Engle, R. (2002). Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.
- European Central Bank. (2022a). *Debt securities issuance and service by EU governments*.
- European Central Bank. Statistical Data Warehouse. (2022b). <https://sdw.ecb.europa.eu/home.do>
- Febi, W., Schäfera, D., Stephan, A., & Suna, C. (2019). The impact of liquidity risk on the yield spread of green bonds. *Finance Research Letters*, 29, 17-22.
- Ferrer, R., Shahzad, S. J. H., & Soriano, P. (2021). Are green bonds a different asset class? Evidence from time-frequency. *Journal of Cleaner Production*, 292, 125988.

- Flaherty, M., Gevorkyan, A., Radpour, S. & Semmler, W. (2017). *Financing climate policies through climate bonds – A three stage model and empirics*. *Research in International Business and Finance* 42, 468-479.
- Gianfrate, G., & Peri, M. (2019). *The green advantage: Exploring the convenience of issuing green bonds*. *Journal of Cleaner Production*, 219, 127-135.
- Hachenberg, B., & Schiereck, D. (2018). Are green bonds priced differently from conventional bonds? *Journal of Asset Management*, 19(6), 371-383.
- Hyun, S., Park, D., & Tian, S. (2020). The price of going green: The role of greenness in green bond markets. *Accounting & Finance*, 60, 73-95.
- Karkowska, R., & Urjasz, S. (2021). Connectedness structures of sovereign bond markets in Central and Eastern Europe. *International Review of Financial Analysis*, 74, 101644. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101644>.
- Li, D., Magud, N. E., Werner, A., & Witte, S. (2021). *The Long-Run Impact of Sovereign Yields on Corporate Yields in Emerging Markets* (Working Papers 2021/155). IMF.
- Monasterolo, I., & Raberto, M. (2018). The EIRIN Flow-of-funds Behavioural Model of Green Fiscal Policies and Green Sovereign Bonds. *Ecological Economics*, 144, 228-243.
- Nanayakkara, M., & Colombage, S. (2019). Do investors in Green Bond market pay a premium? Global Evidence. *Applied Economics*, 51(40), 4425-4437.
- Orlov, S., Rovenskaya, E., Puaschunder, J., & Semmler, W. (2017). Green Bonds, Transition to a Low-Carbon Economy, and Intergenerational Fairness: Evidence from an Extended DICE Model. <https://ssrn.com/abstract=3086483>
- Ortolano, A., & Angelini, E. (2021). Green Bonds Capital Returns: The Impact of Market and Macroeconomic Variables (pp. 91-116). In La Torre, M., & Chiappini, H. (Eds), *Contemporary Issues in Sustainable Finance*. Palgrave Studies in Impact Finance.
- Ortolano, A., & Nissi, E. (2022). The Volatility of the “Green” Option-Adjusted Spread Evidence before and during the Pandemic Period. *Risks*, 10, 45. <https://doi.org/10.3390/risks10030045>
- Paule-Vianez, J., Orden-Cruz, C., & Escamilla-Solano, S. (2021). Influence of Covid-induced fear on sovereign bond yield. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 2173-2190. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1934509>
- Reboredo, J. C. (2018). Green bond and financial markets: Co-movement, diversification and price spillover effects. *Energy Economics*, 74, 38-50.
- Reboredo, J. C., & Ugolini, A., (2020). Price connectedness between green bond and financial markets. *Economic Modelling*, 88(C), 25-38.
- Richter, T. J. (2022). Liquidity commonality in sovereign bond markets. *International Review of Economics & Finance*, 78, 501-518.
- Sachs, J. D. (2014). *Climate change and intergenerational well-being*. In *The Oxford Handbook of the Macroeconomics of Global Warming* (Edited by Lucas Bernard and Willi Semmler). Oxford University Press, pp. 248-59.
- Zaremba, A., Kizys, R., & Aharon, D. Y. (2021). Volatility in International Sovereign Bond Markets: The Role of Government Policy Responses to the Covid-19 Pandemic. *Finance Research Letters*, 43, 102011. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102011>
- Zerbib, O. D. (2019). The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds. *Journal of Banking & Finance*, 98, 39-60.

How do cities go smart? Gli effetti derivanti dall'applicazione di tecnologie nei comuni italiani

Alessandra Ricciardelli *

Department of Management, Finance and Technology
University LUM "G. Degennaro"
E-mail: ricciardelli@lum.it

Alessia Palmisano

EY Advisory SpA
E-mail: Alessia.Palmisano@it.ey.com

** Corresponding author*

Abstract

This study is based on the following question: why are cities go towards digitalization? To answer this question, it considers managerial contingency theory to explain variations in the use and application of smart technologies in smart cities. To test this theory, the study is based on a sample of 200 medium sized municipalities, i.e. with a population of 40,000/60,000 inhabitants. The results of this study show that there is a correlation between the use/application of smart technologies in smart cities and contingency. The latter is related to the context, constraints and managerial incentives, i.e. funding, technical assistance and branding that characterise one city rather than another. The aforementioned contingencies may have statistically positive effects on the application of smart technologies. Conversely, statistically negative effects will occur if we are faced with circumstances in which there is little technological knowledge and leadership capacity.

Keywords – Smart city; Contingency theory; Sustainability

Paper type – Academic Research Paper

Sommario

Questo studio si sviluppa intorno a un grande quesito: perché le città si stanno digitalizzando? Si tratta di uno studio che considera la teoria della contingenza manageriale per spiegare le variazioni nell'uso e applicazioni delle tecnologie intelligenti delle città smart. Per testare questa teoria, lo studio si basa su di un campione di 200 comuni di medie dimensioni, dunque con una popolazione di 40.000/60.000 abitanti. I risultati di questo studio dimostrano che esiste una correlazione tra l'uso/applicazione delle tecnologie intelligenti nelle città smart e la contingenza relativa al contesto, limiti e incentivi

manageriali, ovvero finanziamenti, assistenza tecnica e brand che caratterizzano una città piuttosto che un'altra. I suddetti fattori contingenti possono avere effetti statisticamente positivi sull'applicazione delle tecnologie intelligenti. Al contrario, si verificheranno effetti statisticamente negativi se siamo di fronte a circostanze in cui vi è scarsa conoscenza tecnologica e poca capacità di leadership.

Parole chiave – Smart City; Teoria della contingenza; Sostenibilità

Tipo di articolo – Articolo accademico

Article history:

Received 13 February 2022

Received in revised form 30 May 2022

Accepted 25 September 2022

Available online

1 Introduzione

Il presente studio ha l'obiettivo di comprendere effettivamente se la digitalizzazione delle città italiane, non solo metropoli, abbia una relazione con determinate variabili che le compongono. Tuttavia, è utile chiedersi il perché la digitalizzazione delle città è divenuta un argomento così importante? La risposta non è così lontana. Nel 2021 le tecnologie hanno ricoperto un ruolo fondamentale nella vita di ogni singolo individuo, per questo motivo non bisogna sottovalutare l'importanza che assume la tecnologia all'interno di un contesto di collettività, come quello cittadino, in cui il singolo si aggrega ad altri soggetti componendo la società. La tecnologia digitale e le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC/ICT) sono state identificate come dotate di un buon potenziale per sviluppare e gestire città in modo più efficiente dal punto di vista energetico (Mitchell, 2000) e sostenibile (ITU-T, 2017) e per sostenere uno stile di vita urbano più sostenibile (Hilty & Aebischer, 2015). Mentre le TIC si stanno diffondendo in diverse parti del mondo, le loro applicazioni e il loro uso tendono a differire globalmente tra luoghi – regioni, città, paesi – dipendendo non solo dai dispositivi e dall'accesso, ma anche dalla cultura e dalla governance (Wilson & Corey, 2011). Questi fattori influenzano la loro implementazione per lo sviluppo di città intelligenti e sostenibili (Höjer & Wangel, 2015), proprio come le sfide e le risorse della città.

È anche evidente che diversi stakeholders hanno una diversa comprensione della sfida e di come dovrebbe essere affrontata (Ringenson & Höjer, 2016). Pertanto, è importante sostenere gli attori industriali nella comprensione dei problemi che le città devono affrontare, in modo che possano indirizzare le loro soluzioni verso questi problemi. D'altra parte, se l'ICT sta per avere l'impatto positivo, le città hanno bisogno di capire come fare per migliorare l'uso della tecnologia in un particolare contesto (Kramers et al., 2014) ove c'è bisogno di una migliore cooperazione tra il settore ICT e le autorità pubbliche (Granath, 2016).

Con la rapida urbanizzazione di oggi, le città globali sono in costante espansione per ospitare la crescita della popolazione. Si stima che le città globali aggiungeranno altri 2,5 miliardi di nuovi residenti entro l'anno 2050. Tuttavia, insieme a questa rapida espansione, nasce anche la necessità per le città di fornire supporto infrastrutturale al fine di fornire ai loro residenti una buona qualità della vita che sia sostenibile e rispettosa dell'ambiente, riducendo l'impronta di carbonio. La tecnologia digitale può essere sfruttata per aiutare le città a gestire i

loro bisogni energetici attraverso l'implementazione della rete intelligente (De Dutta & Prasad, 2020).

Nell'era della digitalizzazione, non è ancora ben chiaro quanto possa essere fondamentale realizzare le nostre città in modo intelligente. Considerando che, ad oggi, una risposta sul perché le città italiane adottino tecnologie intelligenti non sia stata ancora fornita, il presente studio è partito dalla stessa domanda per trovare la risposta e ha approfondito i motivi che rendono il viaggio delle città, da meno intelligenti a più intelligenti, e che spingono le comunità ad effettuare tale scelta, in termini economici, ambientali, sociali, tecnologici e anche sanitari.

Il presente lavoro si propone di individuare macro e micro-variabili che incidono sul processo di trasformazione delle città intelligenti. Un questionario è stato sottoposto a un campione di 200 comuni di medie dimensioni, per rilevare il grado di trasformazione raggiunto. Una serie di variabili è stata testata in un modello econometrico cross-section per individuare il loro impatto sul grado di digitalizzazione raggiunto. Dallo studio dei risultati si è compreso come una serie di fattori, tra cui la popolazione, gli investimenti e la loro allocazione efficiente e le capacità degli amministratori locali incidano in maniera positiva sul processo di digitalizzazione dei comuni.

Il lavoro è organizzato come segue: la sezione successiva costruisce un framework della letteratura esistente; la sezione 3 elabora la metodologia di riferimento e la costruzione del modello di ricerca e delle varie fasi della stessa. Le sezioni 4 e 5 contengono la parte empirica, con la validazione del modello econometrico e l'elaborazione dei risultati ottenuti. La sezione 6 contiene la discussione e il commento dei risultati, le conclusioni, le implicazioni dello studio e possibili spunti per la ricerca futura nell'ambito.

2 Review della Letteratura

L'emergere delle tecnologie digitali ha generato una vasta e crescente letteratura sulle città intelligenti. Dal 2014, più di 17.000 articoli sono stati pubblicati o presentati in conferenze, soprattutto nella scienza informatica, ingegneria e scienze sociali. Almeno tre temi sono emersi dalla letteratura. Il primo tema riguarda le strutture, i concetti e i metodi per studiare le città intelligenti come sistemi socio-tecnici. Questa letteratura include, per esempio, il più citato Neirotti et al. (2014) e Albino et al.

(2015) su fatti stilizzati sulle città intelligenti; Lee et al. (2013) sulla previsione dell'uso della tecnologia; Lee et al. (2014) sulla comparazione delle città intelligenti; Desouza & Flanery (2013) sulle città resilienti; Meijer & Bolívar (2016) sulla governance urbana.

Il secondo tema si concentra sulle prestazioni delle città intelligenti e l'applicazione di tecnologie specifiche. Per esempio, tra i più citati lavori in letteratura figurano Zanella et al. (2014) e Jin et al. (2014) su Internet delle Cose e città; Kitchin (2015) e Hashem et al. (2016) sui big data; Botta et al. (2016) sul cloud computing. Altri hanno studiato le prestazioni delle città intelligenti: Haarstad & Wathne (2019) sulla sostenibilità energetica urbana; Yigitcanlar (2014) e Lee et al. (2014) sulle eco-città. Ahmad & Mehmood (2015) sottolineano l'importanza della sostenibilità come indicatore di performance delle città intelligenti. Più recentemente, Mehmood et al. (2017) forniscono una visione multidisciplinare delle infrastrutture intelligenti con argomenti che coprono il trasporto intelligente, l'assistenza sanitaria, i grandi dati e il calcolo ad alte prestazioni, l'Internet of Things (IoT).

Un terzo grande tema è quello che rifugge dalla definizione convenzionale di città intelligenti, cioè in termini di tecnologia, obiettivi di efficienza aziendale ed economica. La letteratura, che si focalizza sul suddetto assunto, sostiene che la nozione di città intelligenti è altamente contestata e punta all'importanza della politica democratica, della responsabilità, dell'impegno dei cittadini, della giustizia e dell'uguaglianza, del potere, della conoscenza, della sostenibilità e come questo insieme di valori stia trasformando le città. Questa letteratura critica, tuttavia, ha i suoi limiti, come notato da Kitchin (2015) il quale sostiene che, nonostante gli importanti interventi concettuali e politici, la letteratura soffre di quattro limiti: 1) la mancanza di genealogie dettagliate del concetto e delle iniziative; 2) l'uso di esempi canonici e narrazioni a taglia unica; 3) l'assenza di approfonditi studi di casi empirici di specifiche iniziative di smart city e di ricerche comparative che contrastino gli sviluppi di smart city in diverse località; 4) un debole impegno collaborativo con i vari stakeholders. Dunque, alla luce di tali limitazioni, si suggerisce di concentrarsi sistematicamente sui city managers e su come le variazioni nei loro incentivi, vincoli e contesto istituzionale possano aiutare a spiegare le variazioni nell'adozione delle tecnologie smart. Mentre molte di queste tecnologie sono diventate accessibili, disponibili e utili per affrontare le complesse sfide della governance urbana, la loro applicazione varia significativamente tra le città.

La teoria della contingenza suggerisce che le variazioni nell'adozione delle tecnologie smart possono essere spiegate da variazioni negli incentivi, vincoli e contesto affrontato dai managers della città. Questo approccio differisce dalla letteratura convenzionale che tratta le città come un amorfo, complesso sistema sociotecnico, studiate in termini di metodi comparativi macro-stilizzati (Neirotti et al., 2014) e meta-analisi (Chourabi et al., 2012; Meijer & Bolívar, 2016).

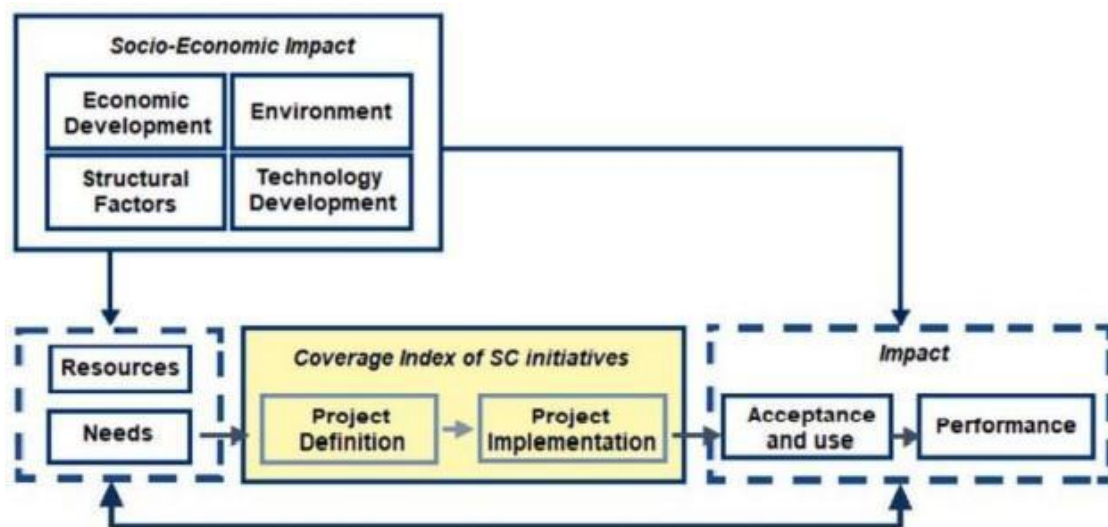
Il presente studio coinvolge, per la prima volta, 200 comuni italiani, tra tutti i comuni che partono da una popolazione di 40.000 abitanti, in modo da racchiudere sia grandi sia medie città e non soffermarsi sui piccoli borghi, tendenti a una lieve arretratezza tecnologica. La maggior parte degli studi in letteratura sono studi di casi singoli, piccoli studi comparativi di grandi città o sintesi di letteratura aneddotica. Troviamo che le variazioni nell'adozione di tecnologie in queste città italiane dipendono dagli incentivi, dai vincoli e dal contesto istituzionale dei manager delle città. Questo giustifica il focus sui manager delle città come unità di analisi. Incentivi come finanziamenti da parte dei governi statali, disponibilità di assistenza tecnica e branding della città hanno effetti positivi e statisticamente significativi sulla tecnologia intelligente. La resilienza delle infrastrutture critiche è un obiettivo statisticamente significativo delle città. Al contrario, i vincoli come la mancanza di leadership, i sistemi legacy e la mancanza di comprensione della tecnologia hanno effetti negativi e statisticamente significativi. Anche la demografia, la geografia e la forma di governo sono associate all'adozione della tecnologia. Si consideri anche che i servizi essenziali come la sicurezza, il servizio clienti, l'acqua, le telecomunicazioni e i trasporti tendono ad avere come priorità l'adozione della tecnologia. In termini di implementazione effettiva, le tecnologie più attive sono nelle aree dei pagamenti intelligenti e della finanza, del servizio clienti/impegno pubblico, energia, acqua e acque reflue e telecomunicazioni.

I cinque benefici più importanti citati dai nostri intervistati nell'adozione di tecnologie intelligenti includono lo sviluppo economico, il capitale e/o risparmi sui costi operativi, la resilienza per le operazioni critiche, servizi migliorati per i residenti, e la sicurezza benefici. La resilienza per le operazioni critiche è statisticamente significativa. La teoria della contingenza manageriale può aiutare ad affrontare alcune lacune nella letteratura, facendo luce sui fattori che influenzano le decisioni dei city manager nell'adozione di tecnologie intelligenti.

La letteratura sui driver che favorisce l'adozione delle tecnologie intelligenti da parte delle città può essere ampiamente divisa in due principali filoni: quello delle macro-variabili e quello delle micro. Neirotti et al. (2014) forniscono una sintesi della letteratura sulle macro-variabili associate alle smart cities. Gli autori sviluppano un indice che chiamano indice di copertura, il quale misura quanto sia intelligente una città. Sulla base di una revisione completa della letteratura, suggeriscono che alcune città sono più intelligenti di altre a causa di variabili strutturali come le dimensioni della città e la densità di popolazione, il suo livello di sviluppo economico, il suo ambiente e il suo livello di sviluppo tecnologico (Fig. 1). Essi sostengono che la densità di popolazione (variabile strutturale) conta perché le tecnologie intelligenti sono caratterizzate da economie di scala. Sorge dunque il sillogismo che lega la maggiore ricchezza delle città a una maggiore possibilità di offerta di servizi. Tuttavia, essi sostengono che la dimensione fisica delle città potrebbe anche creare diseconomie di scala. Per esempio, le tecnologie che richiedono più forza lavoro per una data unità di produzione possono portare a

diseconomie di scala. Le città più piccole invece potrebbero essere attraenti per le start-up tecnologiche per testare le loro soluzioni. È possibile, quindi, trovare tecnologie intelligenti nelle città più piccole.

Figura 1- Schema delle variabili di misurazione di una città intelligente



Fonte: Neirotti et al. (2014)

Una seconda variabile che propongono è il livello di sviluppo economico (di ricchezza) delle città. Questo punto è rilevante perché l'adozione delle tecnologie smart richiede finanziamenti e competenze significative. Caragliu et al. (2011) affrontano un argomento simile nel caso delle città di 27 Stati membri dell'Unione Europea. Ci si aspetta, quindi, che le città ricche siano associate alle città intelligenti. Al contrario, le città con un divario tra ricchi e poveri hanno anche maggiori probabilità di affrontare un divario digitale.

Un terzo fattore è lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie. Neirotti et al. (2014) e Tang & Ho (2019) suggeriscono che lo sviluppo della tecnologia e la diffusione della stessa seguono un modello path-dependent, cioè le città che investono prima in una traiettoria tecnologica hanno maggiori probabilità di sviluppare o adottare tecnologie emergenti appartenenti alla stessa traiettoria.

Questa letteratura ha diverse lacune nello spiegare le variazioni nell'adozione delle tecnologie smart da parte delle città. In primo luogo, le variabili sono troppo stilizzate e grossolane per essere utilizzate per spiegare le variazioni nell'adozione delle tecnologie smart. In secondo luogo, la letteratura non tiene conto dei ruoli dei manager delle città, che devono prendere decisioni su quali tecnologie adottare o

scartare. In terzo luogo, a parte l'articolo di Neirotti et al. (2014), ci sono pochi test empirici sui driver di adozione delle tecnologie intelligenti da parte delle città.

L'altro filone della letteratura si concentra sulle micro-variabili. Chourabi et al. (2012) forniscono una sintesi e identificano otto principali fattori associati all'adozione di iniziative e tecnologie smart, ovvero: gestione e organizzazione, tecnologia, governance, contesto politico, persone e comunità, economia, infrastrutture costruite, ambiente naturale. Complessivamente, Chourabi et al. (2012) hanno identificato più di sessanta variabili associate alle città intelligenti. Esempi di fattori manageriali e organizzativi che Chourabi et al. (2012) hanno identificato includono la complessità del progetto, la leadership, le competenze, comunicazione e allineamento degli obiettivi (tra gli altri, Gil-Garcia & Pardo, 2005). I progetti tecnologici complessi sono associati con le grandi città metropolitane. L'allineamento degli obiettivi implica che le città adottino tecnologie intelligenti se queste le aiutano a raggiungere i loro obiettivi (per esempio l'aumento delle entrate, la riduzione dei costi, la fornitura più efficace ed efficiente di servizi comunali). L'adozione della tecnologia varia anche con la disponibilità di competenze tecniche. È più probabile che le competenze tecniche siano concentrate nelle città con università tecniche. Ardito et al. (2019) sottolineano il ruolo delle università nella gestione di progetti di smart. La leadership è importante per l'adozione della tecnologia perché richiede persuasione, assunzione di rischi, coordinamento, collaborazione, gestione del cambiamento, tra gli altri.

I fattori di governance associati all'adozione delle tecnologie includono, tra gli altri, la collaborazione (Luna-Reyes et al., 2007), la trasparenza (Nfuka & Rusu, 2010), la leadership (Lam, 2005; Scholl et al., 2009).

La politica e il contesto politico che influenzano l'adozione della tecnologia, d'altra parte, includono la forma di governo e il contesto normativo (Gil-Garcia & Pardo, 2005; Ma & Lam, 2019). Si possono fare due osservazioni sulla micro-letteratura. In primo luogo, la letteratura offre un gran numero di ipotesi testabili sui driver di adozione della tecnologia. Tuttavia, la letteratura sembra soffrire del problema comune di tante variabili ma poche osservazioni. Questo è comprensibile per un campo di studio relativamente nuovo e contestato. Lo stato incoerente della letteratura ha portato a diversi tentativi di sintesi teoriche, ma pochi studi empirici, specialmente grandi studi empirici, sono stati fatti come risultato di queste sintesi. In secondo luogo, ed essenziale, il concetto di smart city tende a essere confuso con quello di e-government (Chourabi et al., 2012). Ci sono sovrapposizioni, ma non sono la stessa cosa in termini di tecnologie.

Le tecnologie delle città intelligenti includono contatori/sensori intelligenti, sistemi di pagamento mobile, smartphone, cloud computing, app per la mobilità, edifici intelligenti, aule virtuali, sistemi autonomi, analisi dei dati, intelligenza artificiale, social media, droni, tra gli altri. I governi non utilizzano esclusivamente queste tecnologie.

Al contrario, il termine e-government, come è generalmente definito in letteratura, si riferisce all'uso di internet, principalmente l'uso di siti web e mezzi elettronici per fornire servizi di governo e impegnarsi con i cittadini. Le città intelligenti condividono gli stessi obiettivi dell'e-government ma la natura delle tecnologie è fondamentalmente diversa e gli attori non sono limitati ai governi. Inoltre, gran parte della letteratura sulle smart cities, circa due terzi di tutte le pubblicazioni nelle scienze sociali, è emersa solo dal 2014, mentre la letteratura sull'e-government risale agli anni 2000, raggiungendo il picco intorno al 2010 e 2011. Dopo la presente critica della letteratura, le prossime sezioni descrivono il quadro, la metodologia, il campione, le variabili, le ipotesi, il modello econometrico, i risultati e le conclusioni.

Il focus è sulle città e sui suoi manager e sui problemi decisionali di gestione che devono affrontare. Questo è importante perché i manager delle città e i funzionari eletti devono prendere decisioni su: 1) se adottare o meno una particolare tecnologia smart piuttosto che un'altra; 2) il prezzo da applicare per il servizio; 3) come finanziare la nuova tecnologia; 4) se produrla internamente o esternalizzarla, tra molte altre decisioni.

Nel prendere queste decisioni, i cittadini manager devono bilanciare le loro motivazioni (denaro, reputazione, servizio, risultati), i vincoli (budget, competenze, politica, informazioni, mandati) e le richieste e i rischi concorrenti. In breve, si presume che i manager delle città siano attori razionali. Sono razionali in quanto calcolano i costi e i benefici, ma sono limitatamente razionali dati i vincoli, i rischi e le incertezze che affrontano nel prendere queste decisioni. Al contrario, la letteratura convenzionale non ha prestato adeguata attenzione al ruolo dei manager cittadini nell'adozione della tecnologia.

Una seconda caratteristica della teoria della contingenza manageriale è che le sue ipotesi e le loro implicazioni sono testabili e falsificabili attraverso indagini dirette, interviste con informatori chiave e discussioni di focus group. Infine, la teoria della contingenza è generalizzabile allo studio dei problemi decisionali di gestione negli affari e nel governo in generale, grazie alla sua attenzione agli incentivi e ai vincoli.

2.1 Sviluppo delle ipotesi

La costruzione del background teorico poc'anzi esposta ci porta a considerare un percorso di formulazione di alcune ipotesi a completamento del presente studio. Il contributo di questo lavoro, infatti, si orienta verso la necessità di chiarire il nesso esistente tra fattori micro e fattori macro che, ad oggi, la ricerca attuale non si è proposta di indagare. A tal proposito, si opterà per la costruzione di un modello di ricerca che possa tener conto, nella sua innovatività, originalità e contributo significativo alla teoria finora esplorata, l'identificazione di alcune variabili da estrarre da ciascun filone di studi, così da

certificare l'esistenza di una relazione e interdipendenza tra le variabili micro e macro, e a che grado di significatività ciò possa avvenire. Secondo Neirotti et al. (2014), infatti, l'utilizzo di un modello basato esclusivamente su fattori macro non è sufficiente a chiarire l'impatto dei processi innovativi sulle città, e, allo stesso modo, i processi di governance risulteranno insufficienti in assenza di risorse da impiegare nei processi di sviluppo.

2.1.1 Variabili macro

Alla luce delle variabili individuate, tra quelle macro, è possibile introdurre le seguenti ipotesi:

H1. L'incremento della popolazione ricade positivamente sulla digitalizzazione della città.

La popolazione nelle città cresce ogni giorno ponendo nuove sfide che devono essere adeguatamente affrontate nella pianificazione e progettazione di città sostenibili e intelligenti – le città del futuro (Barreto et al., 2018). La dimensione della città può essere rilevante per i modelli di sviluppo delle smart cities per una serie di ragioni. In primo luogo, le grandi città attraggono più capitale umano e possono solitamente contare su una maggiore implementazione di risorse infrastrutturali per l'elettricità, l'acqua e le infrastrutture di telecomunicazione. Le grandi città hanno anche masse critiche di utenti ICT, e questo può favorire una più rapida scalabilità e il raggiungimento del break-even per i nuovi servizi digitali. Questo, per esempio, è il caso dei servizi di info-mobilità per il trasporto pubblico urbano, come BusChecker a Londra (REF), che sono commercializzati utilizzando un'applicazione software per smartphone che viene venduta per circa 3,00 sterline. Essendo un mercato di nicchia (non tutti i cittadini hanno uno smartphone o sono disposti a pagare 3,00 sterline per un'applicazione mobile), è più probabile che questo business abbia solo volumi sufficientemente alti di utenti nelle grandi città. Tuttavia, le grandi dimensioni possono anche essere associate a barriere per le iniziative legate all'adozione di tecnologie intelligenti. Per esempio, le piccole città potrebbero essere ambienti ideali per progetti pilota, in quanto possono affrontare tempi di installazione più brevi quando progetti che richiedono investimenti in infrastrutture distribuite (ad es. illuminazione stradale, rifiuti intelligenti) sono necessari. Come tali, possono più facilmente attrarre i fornitori di tecnologia che sono disposti a intraprendere la sperimentazione di nuove tecnologie e che, in alcuni casi, possono anche essere disposti a concedere in licenza la tecnologia gratuitamente nella fase di avvio dell'iniziativa.

Le grandi città hanno spesso un'alta densità demografica, che può essere una variabile rilevante nella valutazione delle tendenze high tech-intensive in tutto il mondo. Le città grandi, con un'elevata densità di popolazione, facilitano il flusso di conoscenze e idee mettendo in contatto un maggior numero di persone, facilitando le interazioni sociali (Glaeser & Gottlieb, 2006), e generando idee e innovazione. Inoltre, le città con un'alta densità demografica hanno tradizionalmente fatto uno sforzo maggiore per sviluppare i loro sistemi di trasporto pubblico locale (Neirotti et al., 2014) e, di

conseguenza, sono ora in condizioni più favorevoli per il lancio di iniziative basate sull'introduzione di tecnologie intelligenti in questi contesti. Tuttavia, oltre una certa soglia, la densità demografica e le dimensioni portano a diseconomie in molti contesti, come nei trasporti, nel settore immobiliare, nella sicurezza e nel consumo di energia. Quindi, queste diseconomie rendono le città dense meno intelligenti, ma allo stesso modo, le rendono potenzialmente più interessate a introdurre iniziative basate sulle tecnologie dell'informazione e comunicazione volte a mitigare i problemi di congestione indotti da tali diseconomie (Neirotti et al., 2014).

La seconda ipotesi che considera un'altra variabile macro è la seguente:

H2. Un importo elevato di investimenti pro capite influenza positivamente sulla digitalizzazione delle città.

Un altro rilevante aspetto è legato alla sfera economico-finanziaria, poiché l'adozione delle tecnologie smart richiede finanziamenti e competenze significative. Le città che crescono più velocemente hanno più entrate per finanziare l'adozione di tecnologie intelligenti per le infrastrutture critiche come l'energia, l'acqua, trasporti, salute, sicurezza, tra gli altri. Inoltre, le città ricche tendono ad attrarre una forza lavoro qualificata, che è necessaria per l'adozione, l'espansione e il funzionamento delle tecnologie intelligenti. Questa forza lavoro qualificata è più probabile che richieda anche l'uso di tecnologie intelligenti, nonché il contributo al loro sviluppo. Ci aspettiamo quindi che le città ricche siano associate alle smart città intelligenti. Al contrario, le città con un divario tra ricchi e poveri hanno anche maggiori probabilità di affrontare un divario digitale (Araral, 2020).

2.1.2 Variabili micro

Alla luce della variabile micro selezionata, si introduce la terza ipotesi:

H3. Quanto più è giovane il sindaco, tanto più incide positivamente sulla digitalizzazione della città.

Fondamentale è la considerazione dell'età anagrafica del sindaco della città. Oggi la tecnologia è diffusa in tutte le età, ma vi sono dei range entro i quali i soggetti sono maggiormente predisposti all'apprendimento e alla diffusione della stessa. Le informazioni sulla diffusione della tecnologia forniscono preziose intuizioni sulla conoscenza che i potenziali gruppi di utenti potrebbero avere. Uno studio condotto in America (Olson et al., 2011) ha effettuato una valutazione dell'esperienza tecnologica tra giovani, adulti più giovani e più anziani concentrandosi sulla frequenza d'uso delle tecnologie. Non sorprende che i giovani adulti usino la maggior parte delle tecnologie più frequentemente degli adulti più anziani. Notevoli eccezioni vi sono nell'ambito dell'assistenza sanitaria, dove gli adulti più anziani appaiono frequentemente utilizzatori di sistemi di menu telefonici automatizzati, dispositivi per la pressione sanguigna e dispositivi di monitoraggio. I dati indicano anche alcuni chiari limiti di conoscenza per gli adulti più anziani. Per esempio, anche gli adulti più anziani che

usano i computer hanno un'esperienza limitata con vari dispositivi di input, operazioni del computer, operazioni con le finestre e software. La loro esperienza più frequente riguarda i dispositivi più comuni (per esempio, tastiere, mouse), funzioni (per esempio, operazioni con i file) e operazioni con le finestre (per esempio, cliccare, scorrere, aprire/chiedere le finestre). Inoltre, con l'eccezione della posta elettronica, gli anziani hanno un'esperienza minima con i sistemi e il software. Per quanto riguarda l'ampiezza dell'uso di Internet, gli adulti più giovani usano Internet abbastanza frequentemente in un'ampia varietà di domini. La frequenza d'uso da parte degli adulti più anziani è limitata alla comunicazione o alla ricerca di informazioni su comunità, salute, notizie e viaggi. È interessante notare che la frequenza di ricerca di informazioni sulla salute non differisce tra i gruppi di età. Quindi, anche se l'ampiezza dell'esperienza può differire tra i gruppi di età, ci sono alcuni aspetti dell'uso di Internet che agli utenti più anziani sono abbastanza familiari. Il modello di utilizzo della tecnologia nei vari domini non suggerisce alcuna avversione alla tecnologia in generale. È coerente con l'idea che gli adulti più anziani sono selettivi con le tecnologie e probabilmente più lenti ad adottarle. Tuttavia, nelle aree di assistenza sanitaria dove gli adulti hanno maggiori bisogni, riportano un uso frequente di tecnologie.

Riportando la predetta analisi, si è voluto dimostrare che nelle fasce di età più giovanile, si è più predisposti alla tecnologia e al suo sviluppo, mentre un uomo di età più adulta, seppur precedentemente avvicinosi alle tecnologie, non avrebbe la stessa predisposizione.

3 Metodologia

Nel presente paragrafo è specificata l'analisi econometrica che parte dallo studio e dalla spiegazione di come si è giunti al campione di riferimento, seguono le individuazioni delle variabili dipendenti, indipendenti e di controllo. La variabile dipendente è rappresentata dal questionario personalmente indirizzato ai singoli comuni, che indica municipi di popolazione superiore ai 40.000 abitanti e lo sviluppo tecnologico degli stessi. Le variabili indipendenti sono rappresentate dall'età del sindaco, gli investimenti pro capite e la dimensione della giunta comunale. Le variabili di controllo sono rappresentate da tutte le altre variabili considerate nel modello, ossia il genere sessuale del sindaco, il titolo di studio dello stesso, il tasso di disoccupazione della popolazione del comune interessato, il debito pro capite, la diversa composizione politica della giunta comunale.

È specificato il modello econometrico utilizzato per cui vi è un approfondimento della retta di regressione lineare multipla. Ed infine sono analizzati i risultati in merito alle statistiche descrittive ed analisi di regressione.

3.1 Analisi del campione

Tale studio è stato reso possibile grazie alla creazione di un questionario somministrato ai comuni italiani. Sono stati individuati tutti i comuni con popolazione dai 40.000 ai 60.000 abitanti ed è stato creato un database contenente tutti i comuni suddetti; attraverso degli approfondimenti su internet è stato possibile risalire a contatti di componenti comunali, tra cui giunte, consiglieri comunali, assessori, vicesindaco e in caso di mancanza di contatti è stato possibile coinvolgere i comuni tramite l'URP (Ufficio per le Relazioni con il Pubblico) che è il punto di contatto dell'Ente con cittadini, imprese, associazioni, enti pubblici e privati. Malgrado non tutti i comuni abbiano reso un riscontro attivo, su un campione di 195 comuni vi sono state 154 risposte totali, quindi una mancanza di risposte pervenute da parte di 41 comuni. Dalle suddette risposte è stata effettuata una pulizia, a causa di mancanza di dati, per cui sono state eliminate 17 risposte, da ciò emerge che il campione finale di riferimento per tutta l'analisi empirica corrisponda a 137 comuni rispondenti.

3.2 Variabile dipendente

La nostra variabile dipendente è un indice che rileva la misura in cui le città adottano tecnologie intelligenti. Una città intelligente raccoglie informazioni attraverso sensori, smartphone, reti, social media e sistemi esistenti. L'indice è stato ottenuto dai risultati che sono emersi dal questionario posto ai comuni.

Il questionario è composto da 40 items che affrontano diversi ambiti tecnologici, cioè: energia; telecomunicazioni; mobilità e trasporti; acqua e acque reflue; gestione dei rifiuti; salute, educazione e servizi umani; sicurezza pubblica; impegno civico, comunità; sviluppo economico. Ogni città può assumere un punteggio che va da 0 a 40, dato dal totale degli items. Ogni quesito ha la possibilità di risultare presente, qualora sia una tecnologia intelligente adoperata nel comune di pertinenza e corrisponde al valore 1, mentre qualora fosse assente prende valore 0. Di seguito si riportano gli ambiti e le spiegazioni riguardanti ogni singolo item.

3.2.1 Contenuti del questionario

La determinazione dei valori della variabile dipendente è stata effettuata in base ad una raccolta dati condotta tramite la somministrazione di un questionario presso gli enti locali di cui è stato composto il campione. Un totale di 200 osservazioni coincidenti con il numero dei comuni di medie dimensioni (tra 40.000 e 60.000 abitanti) ottenute attraverso l'attribuzione di un punteggio unitario per ciascuna delle 40 domande contenute nel questionario, con in aggiunta una sezione anagrafica utile per determinare

una serie di altre variabili che entrano nel modello di regressione lineare multipla come indipendenti e di controllo (età del sindaco, sesso anagrafico del sindaco, il livello di istruzione del primo cittadino, numero dei componenti della giunta comunale).

Alla determinazione dei singoli items sottoposti all'interno del questionario hanno concorso vari fattori, dettati dallo studio della letteratura sull'argomento. Il primo passaggio per la costruzione del questionario riguarda la costruzione di macro-temi, all'interno dei quali è stata poi esplicitata una serie di servizi coerenti con l'area di interesse. I temi sono stati derivati a partire dalle definizioni di smart city, attingendo in base alla tipologia di servizi erogati al fine di poter considerare un determinato comune aderente a tali principi. In base all'analisi effettuata da Choruabi et al. (2012), si integrano le diverse definizioni di smart city: le principali definizioni includono i concetti di integrazione dei servizi fisici con la connettività digitale (Toppeta, 2010), l'attivazione di processi di "smartening" in chiave di sostenibilità ambientale e inclusione sociale (Natural Resources Defense Council), e l'utilizzo di tecnologie di infrastruttura legata all'Internet of Things (IoT) con i principali servizi pubblici (pubblica amministrazione, salute, sicurezza pubblica, gestione del patrimonio immobiliare, trasporti e servizi legati alle utenze) al fine di renderli più efficienti, intelligenti e interconnessi (Washburn et al., 2010).

A tal proposito sono stati selezionati i servizi pubblici che sono maggiormente indicativi e soggetti al processo di interconnessione ed efficientamento in chiave di digitalizzazione, innovazione e sostenibilità che la letteratura esistente identifica come rilevanti nel processo di creazione delle città intelligenti. La seguente tabella riassume gli items inseriti all'interno del questionario.

Tabella 1 - Selezione items del questionario

Tipologia di servizio	Items connessi
Energia	Contatori intelligenti Connettività Energie rinnovabili Integrazione tecnologica sui servizi Efficientamento dei consumi
Telecomunicazioni (TLC)	Wi-Fi pubblico Rete 5G Infrastruttura digitale di supporto Realtà aumentata
Mobilità e trasporti	App per mobilità Stazioni di ricarica per veicoli elettrici Misurazione del traffico Gestione degli stalli di parcheggio Car e bike sharing, micromobilità

	App per trasporto pubblico Infrastrutture di pagamento
Acqua e rete di smaltimento	Contatori intelligenti Rilevazione delle perdite nella rete Rilevamento dell'inquinamento Prevenzione rischio ambientale
Gestione dei rifiuti	Sensori per i contenitori dei rifiuti Tracciamento del percorso della raccolta
Salute, educazione e servizi	Inclusione sociale Protezione delle fasce deboli Prestazioni sanitarie digitali Inserimento nel mondo del lavoro
Sicurezza pubblica	Telecamere per corpi di polizia Rilevamento degli spari con lampioni Prevenzione degli effetti dei disastri ambientali Droni per valutazione rischio ambientale Gestione emergenza e protezione civile
Reti civiche e comunità	Servizi digitali per il cittadino Policy-making digitale Coinvolgimento con crowdfunding Piattaforme informative digitali
Sviluppo economico	Emissione licenze e permessi di commercio Permessi per edificazione e gestione del suolo pubblico Catasto online Pagamenti elettronici per servizi Sensoristica per irrigazione spazi pubblici verdi Gestione dello spreco alimentare

Fonte: propria elaborazione

3.3 Variabili indipendenti e variabili di controllo

La prima variabile indipendente individuata nel modello econometrico è la popolazione, dato reperito dalla banca dati dell'ISTAT, l'Istituto nazionale di Statistica, con riferimento al dato 2020, pubblicato nel 2021. Tale informazione consente di poter attribuire a ogni comune una determinata densità di popolazione (Neirotti et al., 2014), utile al fine di comprendere effettivamente se tale fattore possa avere un legame diretto con il livello di digitalizzazione dei comuni stessi.

La seconda variabile indipendente identificata è l'età anagrafica del sindaco del comune (Lam, 2005; Giffinger et al., 2007), il quale ha risposto al questionario posto in essere; la ricerca del presente dato è stata condotta sul sito del Ministero dell'Interno, che ha consentito una corretta definizione della stessa.

La terza variabile indipendente riguarda gli investimenti pro capite (Chourabi et al., 2012), i dati immessi nel data-set sono stati prelevati dal sito *Openpolis.it*. Questa variabile rappresenta una delle variabili fondamentali, in quanto, più spende un comune in investimenti, più è predisposto a una digitalizzazione. La stessa relazione intercorre con l'età del sindaco, che più è giovane e più sarà predisposto a digitalizzare il proprio comune, nell'interesse della collettività. Gli incentivi manageriali possono spiegare perché alcune città sono più intelligenti di altre (Ferraris et al., 2019). Oltre a queste motivazioni individuali, esaminiamo anche la motivazione del governo della città come unità collettiva nell'adozione di smart tecnologie. Si presume spesso che le città adottino le tecnologie intelligenti per ragioni di sviluppo economico, capitale e/o costi operativi, risparmi, resilienza per le operazioni critiche, servizi migliorati per i residenti e benefici per la sicurezza. Tuttavia, non ci sono studi empirici sistematici che esaminano le motivazioni dei governi cittadini sul perché questi adottano le tecnologie intelligenti.

Per migliorare la bontà del modello di regressione, sono state aggiunte variabili di controllo, tra cui il sesso del sindaco, il titolo di studio dello stesso, il tasso di disoccupazione, il debito pro capite e la diversità di composizione della giunta comunale. Tutti i dati relativi alle variabili di controllo sono stati reperiti sul sito *tuttitalia.it* ad eccezione del tasso di disoccupazione, dato che è stato possibile reperire dal sito *piazze.it*, portale in grado di fornire tutte le informazioni (dati, statistiche e dettagli) in merito ai comuni italiani.

4 Il modello econometrico

Per testare la relazione tra le caratteristiche del consiglio di amministrazione e la qualità del reporting integrato, usiamo un modello di regressione lineare multipla. Il modello di regressione lineare multipla consente di stimare la relazione tra k variabili indipendenti X_i con $i = 1, \dots, n$ su una variabile dipendente Y_i . In particolare, utilizziamo un'analisi cross-section e non un'analisi con dati panel perché, come affermato da Songini, Pistoni, Bavagnoli, Minutiello (2020), non vi è possibilità di variabilità temporale sulla base delle variabili inserite nel dataset riguardanti i singoli comuni nel tempo. La costruzione del modello di ricerca, infatti, non prevede uno studio della relazione tra le variabili

selezionate su un arco di tempo, bensì l'osservazione dell'impatto delle variabili selezionate sul processo di costruzione di una città intelligente.

Il modello di analisi che si propone riflette nella seguente equazione:

$$\text{digit} = \beta_0 + \beta_1 \text{pop} + \beta_2 \text{age_may} + \beta_3 \text{invest} + \beta_4 \text{dim_coun} + \beta_5 \text{gender} + \beta_6 \text{qualific} + \beta_7 \text{unemploy} + \beta_8 \text{debt} + \beta_9 \text{div_coun} + \varepsilon$$

Equazione comprensibile nel momento in cui esplicitiamo gli abbreviati individuati, di seguito riportati:

- Il livello di digitalizzazione dei comuni (Araral, 2020): digit
- La densità di popolazione dei comuni (Neirotti et al., 2014): pop
- L'età del sindaco dei comuni (Lam, 2005; Giffinger et al., 2007): age_may
- Gli investimenti pro capite (Ferraris et al., 2019): invest
- La numerosità delle giunte comunali (Odendaal, 2003; Giffinger et al., 2007): dim_coun
- Il genere sessuale del sindaco (Lam, 2005; Giffinger et al., 2007): gender
- Il titolo di studio del sindaco (Dirks & Keeling, 2009; Washburn et al., 2010): qualific
- Il tasso di disoccupazione: unemploy
- Il debito pro capite: debt
- La diversità della composizione comunale (Giffinger et al., 2007): div_coun

Gli elementi dell'equazione sono costituiti dal livello di digitalizzazione comunale che rappresenta la variabile dipendente; β che indica la costante che troveremo nelle tabelle che seguiranno con la voce β_{cons} ; essendo una regressione lineare multipla, troviamo tutte le variabili indipendenti e di controllo e in ultimo, ε l'errore di regressione, ovvero l'elemento stocastico, che raccoglie tutte le incertezze derivanti dall'errore della misura di div, ed eventuali fattori omessi. Le variabili considerate in questo modello sono continue (la densità di popolazione dei comuni, il livello di digitalizzazione dei comuni, gli investimenti pro capite, il debito pro capite), discrete (il tasso di disoccupazione, l'età del sindaco dei comuni, la numerosità delle giunte comunali) e dicotomiche (il genere sessuale del sindaco etc). Il modello sopra esplicitato è stato applicato attraverso l'immissione del dataset elaborato sul software Stata.

Il modello econometrico elaborato ha il pregio di essere basato sulla selezione di variabili che sono il risultato di un'osservazione diretta del fenomeno attraverso un questionario somministrabile a qualunque tipologia di municipalità, dai comuni di piccole dimensioni a quelli di grandi dimensioni, così come l'opportunità di valutare la portata dei fenomeni in Paesi differenti, coerentemente con le

strutture organizzative della pubblica amministrazione. Ciò garantisce un'efficace replicabilità del modello derivante dall'omogeneità del fenomeno, coerentemente all'originalità che deriva dallo studio della letteratura.

5 Risultati

I risultati emersi dall'analisi econometrica effettuata confermano le aspettative delle ipotesi precedentemente sviluppate. Possono essere riassunti come segue.

In primo luogo, un'elevata popolazione è strettamente legata a un aumento del grado di digitalizzazione dei comuni. In secondo luogo, si vede come un'età avanzata del sindaco di un determinato comune porta a una diminuzione del grado di digitalizzazione dello stesso. E infine si afferma che l'incremento del tasso di digitalizzazione è saldamente legato agli investimenti pro capite effettuati dai comuni. Le implicazioni di questi risultati sono discusse più dettagliatamente nelle conclusioni.

5.1 Statistiche descrittive

Al fine di realizzare l'analisi empirica risultante nello studio del modello econometrico, si è proceduto alla disamina delle variabili prese in considerazione. La teoria statistica suggerisce dunque l'analisi delle statistiche descrittive, nello specifico l'analisi delle misure di tendenza centrale (quali la media) e la misurazione della dispersione della distribuzione, attraverso la deviazione standard e l'analisi dei valori estremi. Allo stesso modo, per valutare la forza e la direzione delle relazioni lineari tra le variabili selezionate, abbiamo proceduto alla costruzione della matrice di correlazione tra le stesse. La Tabella 2 e la Tabella 3 rappresentano l'esplicitazione delle statistiche descrittive. Nello specifico, analizzando la prima tabella troviamo quelle che sono definite le correlazioni tra tutte le variabili. Il valore della correlazione lineare è sempre compreso tra -1 e 1, considerando nel primo caso una forte correlazione negativa, mentre per valori pari a 1 si considerano relazioni lineari positive molto forti. Dalla Tabella 2 si evince che non vi è una forte correlazione tra le variabili considerate; infatti, dai dati è possibile comprendere come il coefficiente più alto corrisponda a 0.6268, con un livello di significatività del 10%. Questa circostanza permette di escludere eventuali problemi legati alla presenza di multicollinearità, la quale si presenta nel caso in cui due o più variabili indipendenti (dunque i regressori) risultano essere funzione lineare l'una delle altre. In effetti, tali problemi non si verificano se non quando i coefficienti di correlazione superano valori critici pari a ± 0.8 o ± 0.9 (Farrar & Glauber,

1967). Alcune relazioni presentano un accettabile grado di significatività, pari al 10%, mentre altre non presentano alcuna significatività statistica. Questo può essere dovuto all'ampiezza del campione e alla vastità del numero di variabili preso in considerazione, derivanti dalla complessità del modello analizzato.

Tabella 2 - Correlazione (* livello di significatività al 10%)

Variabili	digit	pop	age_may	invest	dim_coun	gender	qualific	unemploy	debt	div_coun
digit	1.0000									
pop	0.4036*	1.0000								
age_may	-0.1629	-0.0785	1.0000							
invest	0.3605*	0.6268*	-0.0059	1.0000						
dim_coun	0.3910*	0.5115*	0.0048	0.3989*	1.0000					
gender	0.0402	0.3256*	-0.0528	0.1850	0.1052	1.0000				
qualific	0.0472	0.1257	0.1028	0.0316	0.2053	0.0766	1.0000			
unemploy	-0.0364	-0.0729	0.0061	-0.2232*	-0.2433*	-0.1207	-0.0332	1.0000		
debt	0.0229	0.0613	-0.0814	-0.1001	0.1230	0.0282	0.1182	0.1340	1.0000	
div_coun	-0.0274	0.0672	0.0280	0.0291	0.0740	0.0747	0.0085	-0.1447	-0.1226	1.0000

Fonte: propria elaborazione

Per quanto riguarda la Tabella 3, l'attenzione è posta su quella che è definita la variabile dipendente e che è rappresentata dal livello di digitalizzazione dei comuni italiani, che ha un coefficiente totale di valutazione pari a 40, ma nella media troviamo un valore pari al 15.44.

Tabella 3 - Media e Deviazione Standard

Variables	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
digit	138	15.44928	8.91981	0	39
pop	138	148771.9	287877.2	46750	2856133
age_may	138	53.92754	10.26911	32	85
invest	138	.8671014	2.117932	0	17.1
dim_coun	138	9	1.479791	4	14
gender	138	.057971	.23454	0	1

qualific	138	.7536232	.4324603	0	1
unemploy	138	13.6771	6.867169	4.6	30.69
debt	138	74.77688	78.47879	0	485.56
div_coun	138	38.46142	8.727617	9.090909	62.5

Fonte: propria elaborazione

Questo vorrebbe dire che su un totale di 40 items, i quali corrispondono a 40 tipologie di digitalizzazione differenti, nei comuni italiani in media sono presenti solo 15 elementi digitali, meno della metà del totale domandato nel questionario. In media si può affermare che la numerosità della popolazione dei comuni di riferimento per questo studio è di 148.771 abitanti, dato che il campione comprendeva comuni a partire da 40.000 abitanti. L'età media dei sindaci a governo dei propri comuni corrisponde a un'età non molto eccessiva, ossia 54 anni; spiegheremo di seguito quanto possa influire un valore molto elevato ai fini del grado di digitalizzazione dei comuni. A tal proposito, si noti la grande variabilità di questa variabile, che presenta come valore minimo un sindaco di 32 anni e come valore massimo in sindaco di 85. In media le giunte comunali sono composte da 9 membri (Tab. 3), il massimo e il minimo sono ovviamente legati a vincoli normativi.

5.2 Analisi di regressione

L'analisi del dataset attraverso il software Stata ha permesso di ottenere l'elaborazione del modello come in Tabella 4.

La Tabella 4 racchiude i risultati prodotti dall'analisi econometrica. L' R^2 corretto presenta un valore pari a 0.2170, che dimostra la capacità del modello econometrico di spiegare una "parte decente" della variabilità che caratterizza la variabile dipendente, ovvero il livello di digitalizzazione ottenuto dai singoli comuni italiani. Il valore dell' R^2 corretto è piuttosto basso e indica un "warning" nella valutazione della bontà di adattamento del modello. Vista la complessità del modello analizzato, le relazioni sperimentali che in questo lavoro vengono messe in luce e la complessità nella raccolta dati, tutti fattori che possono incidere nella valutazione dell' R^2 corretto, consideriamo comunque accettabile questo valore.

Tabella 4 - Coefficiente, Errore standard, t, P value, R^2

digit	Coefficient	Standard error	t	P> t	[95% Conf.	Interval]
pop	6.35e-06	3.46e-06	1.83	0.069	-5.02e-07	.0000132
age_may	-.1293033	.0667692	-1.94	0.055	-.2614175	.002811
invest	.7266403	.4284892	1.70	0.092	-.1211988	1.574479
dim_coun	1.533088	.5692426	2.69	0.008	.4067444	2.659432
gender	-2.866761	3.084256	-0.93	0.354	-8.969489	3.235968
qualific	-.5893076	1.619046	-0.36	0.716	-3.792866	2.614251
unemploy	.087518	.1068298	0.82	0.414	-.1238631	.2988991
debt	-.0023726	.0090593	-0.26	0.794	-.020298	.0155529
div_coun	-.0487941	.079022	-0.62	0.538	-.2051526	.1075645
_cons	8.517317	6.968888	1.22	0.224	-5.271818	22.30645
N	= 138					
F(9,128)	= 5.22					
Prob>F	= 0.0000					
R ²	= 0.2684					
Adj. R ²	= 0.2170					
Root MSE	= 7.893					

Fonte: propria elaborazione

La prima ipotesi dello studio (H1) è supportata dai risultati: questi, infatti, mostrano una relazione positiva (e statisticamente significativa, a causa del p-value pari a 0.069). L'ipotesi secondo cui all'aumentare della popolazione incrementerà anche il grado di digitalizzazione è una robusta evidenza empirica del nostro articolo, infatti dato che il p-value è minore di 0.10 allora l'ipotesi nulla è rifiutata. Tale risultato conferma che comuni aventi un'elevata numerosità di popolazione sono più digitalizzati rispetto ad altri che hanno un basso numero di abitanti. Questo risultato può essere spiegato da diversi fattori, più persone necessitano di più servizi per cui la digitalizzazione dei comuni dovrebbe ridurre le tempistiche, dovrebbe soddisfare più persone contemporaneamente, potrebbe dare la possibilità ai cittadini di svolgere da casa mansioni che richiederebbero di recarsi personalmente al comune. Per cui maggiore popolazione necessita di maggiore digitalizzazione.

Anche la seconda ipotesi (H2) risulta essere esattamente in linea con le precedenti ipotesi, per cui l'analisi econometrica è stata in grado di restituire dei risultati abbastanza significativi. Risultati che mostrano una relazione positiva (e statisticamente significativa, restituendo un p-value pari a 0.092) che intercorre tra gli investimenti pro capite e il livello di digitalizzazione dei comuni. Data l'evidenza del corrente risultato, il quale è inferiore allo 0.10, allora l'ipotesi nulla sulla significatività dei coefficienti

è rifiutata. Il risultato ottenuto mostra che comuni i quali presentano un capitale disponibile per effettuare investimenti e per la propria comunità risultano essere maggiormente digitalizzati rispetto ad altri che investono somme inferiori.

In conclusione, in riferimento alla terza ipotesi (H3) presa in considerazione che riguarda l'età del sindaco del comune di riferimento, anch'essa risulta essere supportata dai risultati restituiti dall'analisi econometrica. Nel dettaglio, questi mostrano una relazione negativa e significativa (dato che il p-value restituito è pari a 0.055) esistente tra l'età del sindaco e il livello di digitalizzazione. Questo risultato mostra come, comuni aventi un sindaco di età giovane sono maggiormente inclini ad avviare, perseguire e incentivare un processo di innovazione digitale. Dato che il p-value rappresenta un valore minore di 0.10, allora l'ipotesi nulla che il coefficiente sia pari a zero è rifiutata.

È possibile spiegare questo risultato in virtù del fatto che è alquanto evidente che i giovani abbiano una netta propensione verso la tecnologia: in età giovanile, essendo cresciuti con la tecnologia, essendo abituati al suo continuo mutamento, si fatica decisamente meno all'idea di immaginarsela e realmente vederla nella realtà di tutti i giorni all'interno del proprio comune.

La qualità dei risultati ottenuti è data anche dalle variabili di controllo incluse nel modello: infatti, tutti i risultati sopra elencati sono netti, ovvero depurati da eventuali minacce alla validità interna del modello grazie all'accuratezza con cui sono state scelte le variabili di controllo (il sesso del sindaco, il titolo di studio dello stesso, il tasso di disoccupazione, il debito pro capite e la diversità di composizione della giunta comunale).

6 Conclusioni

La scelta dell'argomento oggetto del presente studio è stata motivata dall'era in cui viviamo. In un mondo così all'avanguardia, dove la tecnologia si fa spazio in ogni ambito, dall'ambiente alla sfera sanitaria o ancora alla sfera sociale, si è pensato di approfondire quello che è, ad oggi, lo stato delle città italiane in merito alla digitalizzazione e la necessità di comprendere effettivamente il grado di percezione di digitalizzazione da parte dei dipendenti stessi dei comuni di riferimento.

Lo studio ha consentito di inquadrare quelle che possono essere definite le variabili in merito al grado di digitalizzazione dei comuni italiani.

Come precedentemente approfondito, il campione di riferimento è stato individuato attraverso delle ricerche che hanno consentito la selezione tra i comuni stessi, sulla base della popolazione abitante il comune, la quale nel nostro caso si riferisce ad un campione che supera di base i 40.000 abitanti. Dal

totale dei rispondenti è stato possibile effettuare un'analisi econometrica che ha permesso agli autori di porsi tre quesiti ai quali è stato possibile fornire una risposta plausibilmente motivata.

La prima domanda che gli autori si sono posti è stata quella di capire se la popolazione fosse una variabile significativa ai fini della digitalizzazione dei comuni (un incremento della popolazione sarebbe in grado di ricadere positivamente sul grado di digitalizzazione della città?).

L'analisi dei risultati del modello econometrico risulta pienamente soddisfacente a livello numerico, ponendo l'accento sul fatto che l'accorpamento e la valutazione delle variabili micro e macro in compresenza implicano la necessità, dunque, di considerare questi fenomeni come interdipendenti e significativi. Ciò ci induce a concordare con la letteratura oggetto di studio, e contribuisce in maniera significativa alla teoria di riferimento, confermando la bontà del modello di ricerca elaborato e la replicabilità del modello di regressione utilizzato.

La popolazione nelle città è in continua crescita e bisogna porsi costantemente delle sfide per affrontare, pianificare e progettare città sostenibili e intelligenti che soddisfino i cittadini, e proiettino le città del nostro futuro. La dimensione delle città è un elemento molto rilevante per i modelli di sviluppo delle smart cities per una serie di motivi, tra cui: l'attrazione di capitale umano, dovuta al fatto che le grandi città necessitano di molta forza lavoro, soprattutto specializzata e qualificata, ovviamente nel momento in cui si parla di città con un certo tipo di evoluzione. Queste città contano anche solitamente su un'implementazione maggiore di risorse infrastrutturali per l'elettricità, l'acqua, le telecomunicazioni.

Le grandi città hanno anche masse critiche di utenti ICT e questo può favorire una più rapida scalabilità dei costi e il raggiungimento del break-even per i nuovi servizi digitali. Ancora, sono in grado di facilitare il flusso delle conoscenze e di idee mettendo in contatto un maggior numero di persone e facilitando così le interazioni sociali (Glaeser & Gottlieb, 2006), creando nuove idee e innovazione.

Per cui i risultati mostrano come un'elevata popolazione sia strettamente legata a un aumento del grado di digitalizzazione dei comuni.

È fondamentale sottolineare che la densità della popolazione conta perché le tecnologie intelligenti sono caratterizzate da economie di scala. Tuttavia, affinché vi possa essere uno sviluppo entro questi termini, è necessario che vi sia un maggiore coinvolgimento digitale e tecnologico nei confronti della società.

Il secondo quesito si riferisce alla possibilità di trovare una relazione diretta tra l'importo degli investimenti pro capite ed il grado di digitalizzazione del comune. Anche in questo caso non si può far altro che confermare tale tesi, grazie all'esito dell'analisi empirica effettuata. La presente domanda è fondamentale, in quanto, l'adozione di tecnologie abilitanti all'interno di una smart city richiede dei

finanziamenti cospicui ed anche competenze significative che dovranno essere remunerate. Come appurato dallo studio della letteratura e confermato attraverso l'analisi empirica, vi è un forte nesso tra le variabili che favoriscono la crescita e la maggiore possibilità di incrementare l'efficienza e la varietà dei servizi erogati. Ciò avviene anche in virtù del fatto che ambienti in fermento e ad alto tasso innovativo attraggono forza lavoro specializzata, che funge da volano di ulteriore sviluppo. Ci aspettiamo quindi che le città ricche siano associate alle città intelligenti. Per cui se un comune ha a sua disposizione una determinata somma che dovrà investire al fine di migliorare la vita dei suoi cittadini, sarà inevitabile che la stessa sia utilizzata anche in investimenti di tipo tecnologico. Gli investimenti in tale ambito consentono oltre che una vita semplificata del cittadino anche l'uso di una tecnologia che inquina meno e che eviti gli sprechi. Se la tecnologia intelligente è utilizzata nel migliore dei modi, può rendere la vita più semplice.

Il terzo e ultimo quesito che gli autori si sono posti è se l'età del sindaco influisca sul grado di digitalizzazione, cioè se la giovane età del sindaco possa incidere positivamente sulla digitalizzazione della città.

È stato possibile dare una risposta più che affermativa al riguardo. Si può affermare che un'età avanzata del sindaco porterebbe ad una diminuzione del grado di digitalizzazione del comune stesso. A tal proposito è possibile affermare che un uomo di età inferiore sia maggiormente in grado di approcciarsi alla tecnologia, saprebbe gestirla, apprendere in breve tempo, e di seguito divulgarla, soprattutto se parliamo del ruolo di un sindaco, il quale rappresenta un esempio per tutti i suoi concittadini, che seguirebbero le sue orme.

Per concludere, si può affermare che oggi la digitalizzazione è così pervasiva che diventa indispensabile l'intervento delle tecnologie intelligenti all'interno delle nostre città al fine di migliorare le esperienze quotidiane delle persone e garantire sostenibilità a tutti i livelli. È dunque doveroso indicare la possibilità di suggerire alcune implicazioni di carattere manageriale e governativo sullo studio condotto. La gestione della cosa pubblica ci richiede la massima attenzione da parte delle istituzioni preposte, così anche quando si tratta di offrire un servizio più efficiente e sostenibile al cittadino. L'incentivo alla partecipazione della popolazione al processo di cambiamento serve a conferire al cittadino stesso consapevolezza dei benefici derivanti dal processo di innovazione e digitalizzazione, con positivi effetti sulla qualità della vita e ricadute positive in termini di ricchezza e welfare. La selezione di governanti all'altezza e con una visione chiara su tali processi è sicuramente un vantaggio che ripaga rispetto a una scarsa preparazione e attenzione su determinati temi. Da un punto di vista strettamente gestionale, è opportuno che il policy-maker indaghi in maniera adeguata su quali sono i servizi da integrare nella digitalizzazione, così da garantire una corretta allocazione delle risorse da investire e limitare gli sprechi di risorse economiche.

Futuri spunti di ricerca si potranno concentrare sul verificare l'eventuale positiva incidenza del fenomeno innovativo e di digitalizzazione, studiando con dati panel gli effetti sulla ricchezza territoriale ed eventuali modelli di efficienza derivanti dalla trasformazione dei centri urbani in città intelligenti. Lo studio, eventualmente, potrà essere esteso a unità territoriali di diversa natura, anche nell'ottica di comprendere se gli ordini di grandezza relativi (densità di popolazione, estensione territoriale etc.) possano influire sulla resa degli investimenti nel settore.

Bibliografia

- Ahmad, N., & Mehmood, R. (2015). Enterprise systems: Are we ready for future sustainable cities. *Supply Chain Management*, 20(3), 264-283.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.
- Araral, E. (2020). Why do cities adopt smart technologies? Contingency theory and evidence from the United States. *Cities*, 106(3), 102873.
- Ardito, L., Ferraris, A., Petruzzelli, A. M., Bresciani, S., & Del Giudice, M. (2019). The role of universities in the knowledge management of smart city projects. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 312-321.
- Barreto, L., Amaral, A., & Baltazar, S. (2018). Urban Mobility Digitalization: Towards Mobility as a Service (MaaS). In *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)* (pp. 850-855). IEEE.
- Botta, A., De Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016). Integration of cloud computing and internet of things: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 56, 684-700.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82.
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T. A., & Scholl, H. J. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. In *System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on* (pp. 2289-2297). IEEE.
- De Dutta, S., & Prasad, R. (2020). Digitalization of Global Cities and the Smart Grid. *Wireless Personal Communications*. 113(3), 1385-1395.
- Desouza, K. C., Flanery, T. H. (2013). Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 35, 89-99.
- Dirks, S., & Keeling, M. (2009). A Vision of Smarter Cities: How Cities Can Lead the Way into a Prosperous and Sustainable Future. IBM Global Business Services. <ftp://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/gbe03227usen/GBE03227USEN.PDF>
- Farrar, D. E., & Glauber, R. R. (1967). Multicollinearity in regression analysis: The problem revisited. *The Review of Economics and Statistics*, 49, 92-107.

- Ferraris, A., Erhardt, N., & Bresciani, S. (2019). Ambidextrous work in smart city project alliances: unpacking the role of human resource management systems. *The International Journal of Human Resource Management*, 30(4), 680-701.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities*. Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology.
- Gil-Garcia, J. R., & Pardo, T. A. (2005). E-government success factors: Mapping practical tools to theoretical foundations. *Government Information Quarterly*, 22(2), 187-216.
- Glaeser, E. L., & Gottlieb, J. D. (2006). Urban Resurgence and the Consumer City. *Urban Studies*, 43(8), 1275-1299.
- Granath, M. (2016). *The Smart City – How Smart Can ‘IT’ Be? Discourses on Digitalisation in Policy and Planning of Urban Development* (Linköping Studies in Arts and Science, No. 693). Linköping University.
- Haarstad, H., & Wathne, M. W. (2019). Are smart city projects catalyzing urban energy sustainability? *Energy Policy*, 129, 918-925.
- Hashem, I. A. T., Chang, V., Anuar, N. B., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., Ahmed, E., & Chiroma, H. (2016). The role of big data in smart city. *International Journal of Information Management*, 36(5), 748-758.
- Hilty, L., & Aebischer, B. (2015). ICT for Sustainability: An Emerging Research Field. In Hilty, L., & Aebischer, B. (Eds.), *ICT Innovations for Sustainability* (pp. 3-36). Springer International Publishing.
- Höjer, M., & Wangel, J. (2015). Smart Sustainable Cities: Definition and Challenges. In Hilty, L., & Aebischer, B. (Eds.), *ICT Innovations for Sustainability* (pp. 333-349). Springer International Publishing.
- ITU-T. (2017). *Smart sustainable cities: An analysis of definitions. Sustainable Development Goals*. United Nations. <https://www.itu.int/en/ITU-T/ssc/Pages/info-ssc.aspx>
- Jin, J., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2014). An information framework for creating a smart city through internet of things. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(2), 112-121.
- Kitchin, R. (2015). Making sense of smart cities: Addressing present shortcomings. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 131-136.
- Kramers, A., Höjer, M., Lövehagen, N., & Wangel, J. (2014). Smart sustainable cities – Exploring ICT solutions for reduced energy use in cities. *Environmental Modelling & Software*, 56, 52-62.
- Lam, W. (2005). Barriers to e-government integration. *Journal of Enterprise Information Management*, 18(5), 511-530.
- Lee, J. H., Hancock M. G., Hu, M.-C. (2014). Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and San Francisco. *Technological Forecasting and Social Change*, 89(C), 80-99.
- Lee, J. H., Phaal, R. & Lee, S. H. (2013). An integrated service-device-technology roadmap for smart city development. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(2), 286-306.
- Luna-Reyes, L. F., Gil-Garcia, J. R., & Cruz, C. B. (2007). Collaborative digital government in Mexico: Some lessons from federal Web-based interorganizational information integration initiatives. *Government Information Quarterly*, 24(4), 808-826.
- Ma, R., & Lam, P. T. (2019). Investigating the barriers faced by stakeholders in open data development: A study on Hong Kong as a “smart city”. *Cities*, 92, 36-46.

- Mehmood, R., Bhaduri, B., Katib, I., & Chalamtac, I. (Eds.) (2017). *Smart Societies, Infrastructure, Technologies and Applications. First International Conference, SCITA 2017, Jeddah, Saudi Arabia, November 27-29, 2017, Proceedings* (LNICST, No. 224). Springer.
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Governing the smart city: A review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*, 82(2), 392-408.
- Mitchell, W. (2000). *E-Topia: "Urban Life, JIM – But Not as We Know It"*. MIT Press.
- Natural Resources Defense Council. *What are smarter cities?*, <http://smartercities.nrdc.org/about>
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25-36.
- Nfuka, E. N., & Rusu, L. (2010). *Critical success factors for effective IT governance in the public sector organizations in a developing country: The case of Tanzania*. ECIS.
- Olson, K. E., O'Brien, M. A., Rogers, W. A., & Charness, N. (2011). Diffusion of Technology: Frequency of use for Younger and Older Adults. *Ageing International*, 36(1), 123-145.
- Ringenson, T., & Höjer, M. (2016). Smart city planning and environmental aspects: Lessons from seven cities. In *ICT for Sustainability 2016* (pp. 159-166). Atlantis Press.
- Scholl, H. J., Barzilai-Nahon, K., Ahn, J. H., Popova, O. H., & Re, B. (2009). E-Commerce and eGovernment: How Do They Compare? What Can They Learn From Each Other? (pp. 1-10). In *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Songini, L., Pistoni, A., Bavagnoli, F., & Minutiello, V. (2020). Integrated reporting quality: An analysis of key determinants. In L. Songini, A. Pistoni, P. Baret, M. Kunc (Eds.), *Non-financial disclosure and integrated reporting: practices and critical issues* (pp. 175-196). Emerald Group Publishing Limited.
- Tang, T., & Ho, A. T-K. (2019). A path-dependence perspective on the adoption of Internet of Things: Evidence from early adopters of smart and connected sensors in the United States. *Government Information Quarterly*, 36(2), 321-332.
- Toppeta, D. (2010). *The Smart City Vision: How Innovation and ICT Can Build Smart, "Livable", Sustainable Cities*. The Innovation Knowledge Foundation. http://www.thinkinnovation.org/file/research/23/en/Top+peta_Report_005_2010.pdf
- Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N. M., & Nelson, L. E. (2010). *Helping CIOs Understand "Smart City" Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO*. Forrester Research, Inc. http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf
- Wilson, M., & Corey, K. (2011). Approaching ubiquity: Global trends and issues in ICT access and use. *Journal of Urban Technologies*, 18(1), 7-20.
- Yigitcanlar, T. (2014). Korean ubiquitous-eco-city: A smart-sustainable urban form or a branding hoax? *Technological Forecasting and Social Change*, 89, 100-114.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22-32.