

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΞΕΝΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ, ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΜΗΝΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παρασκευή Παπακώστα (Ξ2014004)

Σύγκριση μεταξύ δύο συστημάτων νευρωνικής μηχανικής μετάφρασης στο γλωσσικό
ζεύγος αγγλικά – ελληνικά

(Comparison between two neural machine translation systems for the language pair
EN- EL)

Επιτροπή Εποπτείας: Βιλελμίνη Σωσώνη, Κάτια - Λήδα Κερμανίδου

ΚΕΡΚΥΡΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2020

Σύγκριση μεταξύ δύο συστημάτων νευρωνικής μηχανικής μετάφρασης στο γλωσσικό
ζεύγος αγγλικά – ελληνικά

(Comparison between two neural machine translation systems for the language pair
EN- EL)

INDEX

1. Introduction	5
1.1 Machine translation: definition and history	5
2. Main topic	8
2.1 Methodology	9
2.2 Neural Machine Translation Systems	9
2.2.1 Google Translate	10
2.2.2 SYSTRAN's Pure Neural Machine Translation (PNMT)	10
2.3 Automatic Machine Translation Evaluation	11
2.4 Multidimensional Quality Metrics (MQM)	11
2.5 Text 1 analysis	12
2.6 Text 2 analysis	15
3. Conclusion	18
References	20
Appendix I	22
Source text 1	22
Text 1 human translation	23
Text 1 Google Translate	25
Text 1 PNMT	26
Appendix II	29
Source text 2	29
Text 2 human translation	30
Text 2 Google Translate	32
Text 2 PNMT	34

1. INTRODUCTION

According to Anthony Burgess "translation is not a matter of words only: it is a matter of making intelligible a whole culture"¹. Bearing this phrase in mind, translation's contribution to our society is at the present moment way more visible and by all means vital. Initially, it was mainly connected to religion, as the first characteristic example of an official translation is that of the Bible. Therefore, controversy has always been raised upon the field of translation, regarding its content, its relation to other sciences and of course its results for the world. Yet after many years of discussions, research and practice that resulted to a significant bibliography, it is widely accepted that translation contributed to the development of modern languages as well as national identities around these languages. Furthermore, translation has always strongly committed to countries' clear and peaceful communication and cultural exchange and still plays an important role on that part nowadays.²

Apart from all its positive characteristics, the field of translation possesses another great advantage. Being tightly connected to technology, it is one of the fastest growing fields. So, those first attempts of a word – for – word translation have evolved into a noteworthy growth of machine translation with promising outcomes for the future. As it has already been mentioned above, translation is closely connected to technology since a translator nowadays not only possesses a computer for his/her work but also a great variety of tools that assist to a faster and more qualitative result. Observing all the progress made so far as well as taking into account the perspectives of this new technological accomplishment, I have chosen to work on this interesting issue being about to graduate and enter the translation market. Therefore, the present paper is studying in detail the latest sample of this development: neural machine translation systems.

1.1 Machine translation: definition and short history

Machine translation is a sub-field of computational linguistics that examines the use of software to translate text or speech from one language to another. Basically, machine translation is about replacing words in one language with words in another, lacking the ability yet to deal with differences in linguistic typology, translate idioms, isolate anomalies and that is the reason why it cannot so far to produce a good translation. The outcome, though, depends on the domain the text or speech belongs, as it has been proven that more formal or technical language helps produce better results. Human intervention also plays an important role to the boost of machine translation and is necessary as this field still requires a combination of the machine and human abilities. Current technology is not yet able to create a computer that can replace a translator and his/her capability to analyze a text combined with his/her in-depth knowledge of the grammar, semantics, syntax, idioms, etc., of the source and target language, as well as the culture of its speakers. Therefore, every text produced by machine translation needs post – editing in order to be used.

¹ Enache, B. (2016). *TRANSLATION - WHAT A WONDERFUL WOR(L)D*. [online] Lexington.ro. Available at: <https://www.lexington.ro/en/blog/item/36-translation-what-a-wonderful-wor-l-d.html> [Accessed 7 Sept. 2019].

² Lebert, M. (2019). A short history of translation and translators., Available at: <https://marielebert.wordpress.com/2016/11/02/translation/> [Accessed 18 August 2019]

The introduction of machine in the field of translation can be traced back to the 17th century with the use of mechanical dictionaries. Although, concrete proposals on the use of machine translation appeared on the 20th century and specifically in 1933 by George Artsrouni, a French-Armenian, and by a Russian, Petr Smirnov-Troyanskii.³ Artsrouni came up with a storage device on paper tape which could be used to find the equivalent of any word in another language. A prototype was apparently demonstrated in 1937. Even if this thought was quite innovative at the time, it wasn't as successful as expected. Later, in July 1949 a memorandum from Warren Weaver brought the idea of machine translation to general notice. He described the expectations and methods that can be used to realize this undertaking and within few years, research begun at many universities of the United States.⁴ Years of studying and after many proposals, in January 1954 at Georgetown University, Leon Dostert collaborated with IBM on a project which resulted in the first public demonstration of an MT system.⁵ A carefully selected sample of 49 Russian sentences was translated into English, using a very limited vocabulary of 250 words and just 6 grammar rules. This was not exactly an issue of high scientific importance, but managed to obtain the necessary funding machine translation needed at the time.⁶

The first machine translation systems used large bilingual dictionaries and hand-coded rules in order to adjust the word order in the final output. This was finally considered too restrictive for any linguistic developments at the time. During this period operational systems were introduced. The United States Air Force used a system produced by IBM and Washington University, while the Atomic Energy Commission and Euratom, in Italy, used a system developed at Georgetown University.⁷ Despite the fact that the quality of the output was poor, it was enough to cover many of the customers' needs, particularly in terms of speed. At the end of the 1950s, the issue of semantic ambiguity appeared on the field of machine translation. In order to solve this problem and have the wanted result, experts concluded that source texts for machine translation needed to be written in a controlled language that uses a vocabulary in which each word has exactly one meaning.⁸

In the 1960s research in both the Soviet Union and the United States focused mainly on the Russian–English language pair. The material of translation was mainly scientific and technical documents and the translations produced were sufficient to get a basic understanding of the articles. In case an article discussed a subject regarded to be confidential, it was sent to a human translator.

³ Hutchins, W. (1995). *MACHINE TRANSLATION: A BRIEF HISTORY*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/ConcHistoryLangSci-1995.pdf> [Accessed 19 Aug. 2019].

⁴ Hutchins, W. (1995). *MACHINE TRANSLATION: A BRIEF HISTORY*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/ConcHistoryLangSci-1995.pdf> [Accessed 19 Aug. 2019].

⁵ Hutchins, W. (1995). *MACHINE TRANSLATION: A BRIEF HISTORY*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/ConcHistoryLangSci-1995.pdf> [Accessed 19 Aug. 2019].

⁶ Hutchins, W. (2001). *Machine Translation over fifty years*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/6bf4/7bb3f7d615db174c5e177df1cb6dd4c814f7.pdf> [Accessed 19 Aug. 2019].

⁷ Infogalactic.com. (2015). *History of machine translation - Infogalactic: the planetary knowledge core*. [online] Available at: https://infogalactic.com/info/History_of_machine_translation [Accessed 18 Aug. 2020].

⁸ Horwood, E. (2020). *Machine Translation: past, present, future*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/PPF-TOC.htm> [Accessed 15 Aug. 2019].

In 1966 the ALPAC report brought many changes to the machine-translation research. The report was commissioned by the US government and delivered by ALPAC, the Automatic Language Processing Advisory Committee.⁹ The US government was concerned that there was no progress made despite important expenditure. According to the report, machine translation was more expensive, less accurate and slower than human translation. The report came to the conclusion that despite the expenditures, machine translation was not likely to reach the quality of a human translator in the near future. Nevertheless, the report mentioned that the development of tools made to help translators as well as research in computational linguistics would still be encouraged. The report had a way more negative impact on the research into machine translation in the United States than to the Soviet Union and United Kingdom. Research, at least in the US, was nearly abandoned for over a decade. In Canada, France and Germany, however, research continued. In the US the main exceptions were the founders of Systran (Peter Toma) and Logos (Bernard Scott), who established their companies in 1968 and 1970 respectively and served the US Department of Defense¹⁰. In 1970, the Systran system was installed for the United States Air Force, and subsequently by the Commission of the European Communities in 1976. The METEO System, developed at the Université de Montréal, was installed in Canada in 1977 to translate weather forecasts from English to French, and was translating close to 80,000 words per day or 30 million words per year until it was replaced by a competitor's system on 30 September 2001.¹¹

By the 1980s, there were both various and numerous installed systems for machine translation. Mainframe technology was also introduced and used by systems such as Systran, Logos, Ariane-G5, and Metal. During the 1980s there was a lot of activity in the field of machine translation in Japan especially.¹² Research at the time focused on translation with the inclusion of morphological, syntactic, and semantic analysis. At the end of the 1980s, both statistical methods as well as the example-based machine translation appeared. These had as common characteristic the indifference towards syntactic and semantic rules and reliance instead on the manipulation of large text corpora.¹³

The creation of low-cost and more powerful computers encouraged the increase in the use of machine translation. It was in the early 1990s that machine translation began to make the transition away from large mainframe computers toward personal computers and workstations. Sites also became available on the internet, such as AltaVista's

⁹ Infogalactic.com. (2015). *History of machine translation - Infogalactic: the planetary knowledge core*. [online] Available at: https://infogalactic.com/info/History_of_machine_translation [Accessed 18 Aug. 2020].

¹⁰ Horwood, E. (2020). *Machine Translation: past, present, future*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/PPF-TOC.htm> [Accessed 15 Aug. 2019].

¹¹ StudFiles. (2016). 3. *The 1960s, the alpac report and the seventies*. [online] Available at: <https://studfile.net/preview/5427075/page:2/> [Accessed 10 Sep. 2019].

¹² *Article for translators: History of machine translation*. (2008)., Available at: <https://www.translationdirectory.com/articles/article1906.php> [Accessed 20 January 2020]

¹³ *Article for translators: History of machine translation*. (2008)., Available at: <https://www.translationdirectory.com/articles/article1906.php> [Accessed 20 January 2020]

Babel Fish and Google. In the 1990s, according to the technological progress made at the time research began into speech translation as well.¹⁴

In the 2000s, the field of machine translation has seen major changes. Research focused mostly on the statistical machine translation (SMT) and the example-based machine translation, which were used by companies for years. SMT tries to generate translations using statistical methods based on bilingual text corpora. Where such corpora are available, good results can be achieved translating similar texts, but such corpora are still rare for many language pairs.¹⁵ In a slightly similar way, Example-based machine translation is based on the idea of analogy. In this approach, the corpus that is used is one that contains texts that have already been translated. Given a sentence that is to be translated, sentences from this corpus are selected that contain similar sub-sentential components.¹⁶ The similar sentences are then used to translate the sub-sentential components of the original sentence into the target language, and these phrases are put together to form a complete translation. Both of these approaches were imperfect from a linguistic view, as errors in syntax, morphology, fluency and more were tracked.

However, the latest development in the field of machine translation seems more than promising for the future. Neural machine translation (NMT) came into reality in the recent years and shows improved results compared to previous machine translation approaches. It uses an artificial neural network to predict the likelihood of a sequence of words, typically modelling entire sentences in a single integrated model. NMT systems require only a fraction of the memory needed by traditional SMT models. Furthermore, unlike conventional translation systems, all parts of the neural translation model are trained jointly (end-to-end) to maximize the translation performance.¹⁷ Since 2015 that those systems appeared they have become highly known and widely used.

2. MAIN TOPIC

The main topic of this study is the comparison of two NMT systems. In the case of NMT systems, the translation takes place through a unique artificial neural network. An artificial neural network consists of layers of artificial neurons, which are connected together with weights known as the parameters of the network. Its fundamental characteristic is that it can automatically correct its parameters during the training phase using technology based on complex algorithms achieving therefore an impressive output.

¹⁴ *Article for translators: History of machine translation.* (2008)., Available at: <https://www.translationdirectory.com/articles/article1906.php> [Accessed 20 January 2020]

¹⁵ Sfetcu, N. (2009). *Approaches in machine translation - SetThings.* [online] SetThings. Available at: <https://www.setthings.com/en/approaches-in-machine-translation/> [Accessed 5 Sep. 2019].

¹⁶ Hutchins, W. and L. Somers, H. (1992). *Introduction to Machine Translation.* [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/IntroMT-TOC.htm> [Accessed 10 Sep. 2019].

¹⁷ Chen, Z., Kommrusch, S., Tufano, M., Pouchet, L., Poshyvanyk, D. and Monperrus, M. (2019). *SEQUENCER: Sequence-to-Sequence Learning for End-to-End Program Repair.* Available at: <https://arxiv.org/pdf/1901.01808.pdf> [Accessed 10 Sep. 2019].

2.1 Methodology

The main purpose of this study is to compare two neural machine translation systems using only one language pair, which is English to Greek (EN → EL). The two systems used are Google Translate and SYSTRAN's Pure Neural Machine Translation (PNMT). I have selected two different texts that have never been translated into Greek before. The first one comes from the EU, namely it is the first part (The DG in brief) of the European Commission's Annual Activity Report (2018) about Eurostat and the second one is a scientific article named *Opinion: We Need More than New Antibiotics to Fight Resistance* retrieved from the scientific magazine *The Scientist*. Those texts come from different sectors, but I chose them because they have a lot in common in order to be appropriate for this assignment. First of all, as we need to check the texts' readability level in order to ensure comparability, we see that they have the same lexile score¹⁸ (1410L – 1600L). In order to evaluate the translations produced by the machine translation systems mentioned above both automatic and human evaluation will be used. Therefore, firstly, there has to be some text segmentation, which in the case of this current assignment will be in sentences. So, each segment is a full sentence. In this case, a sentence is defined from a capital letter to a full stop/exclamation mark/ question mark. In both texts selected there are no colons or semi – colons found, so as to find a different way to treat those cases or add more limitations. The first text contains 626 words and the second 738 words, but they have the same number of sentences, i.e. 31 sentences including the title. Moreover, they have similarities in syntax, like long sentences and they are quite densely written. They both contain specialized terminology from the different sectors they deal with. For the comparison, apart from the translation produced by the two NMT systems mentioned, a human translation is required. The aim of the current study is to create a quantitative and qualitative evaluation of those NMT systems. So, the first step is to translate the two texts and create two final documents with the human translation that appear on the study's appendix. Then the two different texts will be translated sentence by sentence by the two different NMT systems that they also appear on the study's appendix. Afterwards, the automatic machine translation evaluation will follow, using a specific method, in this case *Interactive BLEU score evaluator*¹⁹, which will be further explained below. The BLEU score produced by this metric can help create a better overview regarding the quality of those NMT systems and proceed to the human analysis and categorization of the errors found. Then, I will categorize and compare the errors identified in the two texts using the Multidimensional Quality Metrics (MQM) framework, slightly simplified for the needs of the specific study, which means that I will separate the errors using mainly the two wider categories i.e. accuracy and fluency and some basic subcategories, like those of terminology, mistranslation, untranslated terms/ phrases, unintelligibility, inconsistency, grammar and typography.

2.2 Neural Machine Translation Systems

¹⁸ <https://hub.lexile.com/analyzer>

¹⁹ <https://www.letsmt.eu/Bleu.aspx>

End – to – end Neural Machine Translation is an approach rapidly applied in large scale settings of machine translation.²⁰ While most of these systems are used for only one language pair, there are other new and revolutionary approaches that support multiple language pairs using one single model. In this paper both neural machine translation systems selected can handle multiple language pairs, but they will only be compared using one language pair (EN → EL). These systems are Google Translate and SYSTRAN's Pure Neural Machine Translation (PNMT).

2.2.1 Google Translate

According to Google's official publication²¹, Google's Neural Machine Translation system consists of a deep LSTM network with 8 encoder and 8 decoder layers using attention and residual connections. To improve parallelism and therefore decrease training time, Google's attention mechanism connects the bottom layer of the decoder to the top layer of the encoder. To increase the final translation speed, low-precision arithmetic is employed during inference computations. To improve handling of rare words, words are divided into a limited set of common sub-word units ("wordpieces") for both input and output. This method provides a good balance between the flexibility of "character"-delimited models and the efficiency of "word"-delimited models, naturally handles translation of rare words, and ultimately advances the overall accuracy of the system. Google's beam search technique employs a length-normalization procedure and uses a coverage penalty, which encourages generation of an output sentence that is most likely to cover all the words in the source sentence.²²

2.2.2 SYSTRAN's Pure Neural Machine Translation (PNMT)

At the end of 2016, SYSTRAN launched its neural engine named PNMT (Pure Neural Machine Translation), which also supports multiple language pairs and can be used to translate all types of documents and files. It is based on AI and deep learning. Like all neural networks, PNMT is able to automatically correct its parameters during the training phase of the translation engine. Technically, the generated output is compared to the expected reference and corrective feedback is sent "backward" to adjust weights and tune the network connections. This type of technology, based on complex algorithms at the forefront of Deep Learning enables the PNMT engine to learn, resulting to the creation of the rules of a language from a given translated text. Other

²⁰ Johnson, M., Schuster, M., V. Le, Q., Krikun, M., Wu, Y., Chen, Z., Thorat, N., Viégas, F., Wattenberg, M., Corrado, G., Hughes, M. and Dean, J. (2017). *Google's Multilingual Neural Machine Translation System: Enabling Zero-Shot Translation*. Google. Available at: <https://www.aclweb.org/anthology/Q17-1024.pdf> [Accessed 10 Aug. 2019].

²¹ Wu, Y., Schuster, M., Chen, Z., Le, Q., Norouzi, M., Macherey, W., Krikun, M., Cao, Y., Gao, Q., Macherey, K., Klingner, J., Shah, A., Johnson, M., Liu, X., Kaiser, Ł., Gouws, S., Kato, Y., Kudo, T., Kazawa, H., Stevens, K., Kurian, G., Patil, N., Wang, W., Young, C., Smith, J., Riesa, J., Rudnick, A., Vinyals, O., Corrado, G., Hughes, M. and Dean, J. (2016). *Google's Neural Machine Translation System: Bridging the Gap between Human and Machine Translation*. [online] Google Research. Available at: <https://research.google/pubs/pub45610/> [Accessed 10 Aug. 2019].

²² Wu, Y., Schuster, M., Chen, Z., Le, Q., Norouzi, M., Macherey, W., Krikun, M., Cao, Y., Gao, Q., Macherey, K., Klingner, J., Shah, A., Johnson, M., Liu, X., Kaiser, Ł., Gouws, S., Kato, Y., Kudo, T., Kazawa, H., Stevens, K., Kurian, G., Patil, N., Wang, W., Young, C., Smith, J., Riesa, J., Rudnick, A., Vinyals, O., Corrado, G., Hughes, M. and Dean, J. (2016). *Google's Neural Machine Translation System: Bridging the Gap between Human and Machine Translation*. [online] Google Research. Available at: <https://research.google/pubs/pub45610/> [Accessed 10 Aug. 2019].

significant characteristics of this system are the specialization, security and safety it provides that contribute to an easy and qualitative outcome.²³

2.3 Automatic Machine Translation Evaluation

Human evaluations of machine translation may be both extensive and expensive. Therefore, automatic methods for machine translation evaluation (MTE) have been created, that can be quick, inexpensive and language independent. A common example of such methods is the BLEU Metric, which is also used in the present study, as it correlates highly with human evaluation. The main idea behind this MTE system is that the closeness of a machine translation to one or more professional human reference translations according to a numerical metric can determine its quality. So, all this MTE system needs is a numerical translation closeness metric and a corpus of good quality human reference translations.²⁴ BLEU uses a modified form of precision to compare a candidate translation against multiple reference translations. The metric modifies simple precision since machine translation systems have been known to generate more words than are in a reference text.²⁵ The primary programming task for a BLEU implementer is to compare n-grams of the candidate with the n-grams of the reference translation and count the number of matches. These matches are position-independent. The more the matches, the better the candidate translation is. The fact that the BLEU metric shows a high correlation to the human judgment, makes it an appropriate solution for MTE in general and in the case of the present study it has been significantly helpful for the human evaluation process.²⁶

2.4 Multidimensional Quality Metrics (MQM)

As the field of translation is growing and the use of machine translation has increased significantly in recent years, the need for translation quality evaluation has become a necessity. Many evaluation methods appeared making this task even more confusing both for professionals and customers, combined with the possibility that the quality of a translation can be examined under subjective criteria sometimes. All this came to an end with the creation of the EU-funded QTLaunchPad project that has developed the Multidimensional Quality Metrics (MQM) framework, a system which uses a common vocabulary of “issued types” regarding the evaluation of a translation’s quality. MQM is suitable for the evaluation of a translation produced by a human or a machine and it can also be used to detect errors on the source text, enabling experts to

²³ SYSTRAN GROUP. (2017). *Artificial Intelligence & Deep Learning applied to Machine Translation*. Available at: <https://www.systransoft.com/download/product-datasheets/systran-pure-neural-server-factsheet.pdf> [Accessed 12 Sep. 2019].

²⁴ Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W. (2002). *BLEU: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation*. Available at: <https://www.aclweb.org/anthology/P02-1040.pdf>. [Accessed 27 January 2020]

²⁵ Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W. (2002). *BLEU: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation*. Available at: <https://www.aclweb.org/anthology/P02-1040.pdf>. [Accessed 27 January 2020]

²⁶ Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W. (2002). *BLEU: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation*. Available at: <https://www.aclweb.org/anthology/P02-1040.pdf>. [Accessed 27 January 2020]

observe how problems in the source text affect the quality of the text produced.²⁷ The basic characteristic of MQM is a hierarchical listing of issued types, focusing only on those dealing with language and format. This hierarchy is a very important part of MQM. Every node (including very high-level ones like *Accuracy* and *Fluency*) can serve as an issue type, and children of an issue represent specific cases of the parent issue. As a result an MQM metric can be declared at various levels of granularity. For general-purpose quality evaluation, for instance, a relatively coarse metric is likely to suffice while for diagnosis of problems with an MT system a much more detailed metric that focuses on specific issues relevant to system development would be appropriate.²⁸ The image that follows shows the basic MQM issue categories.

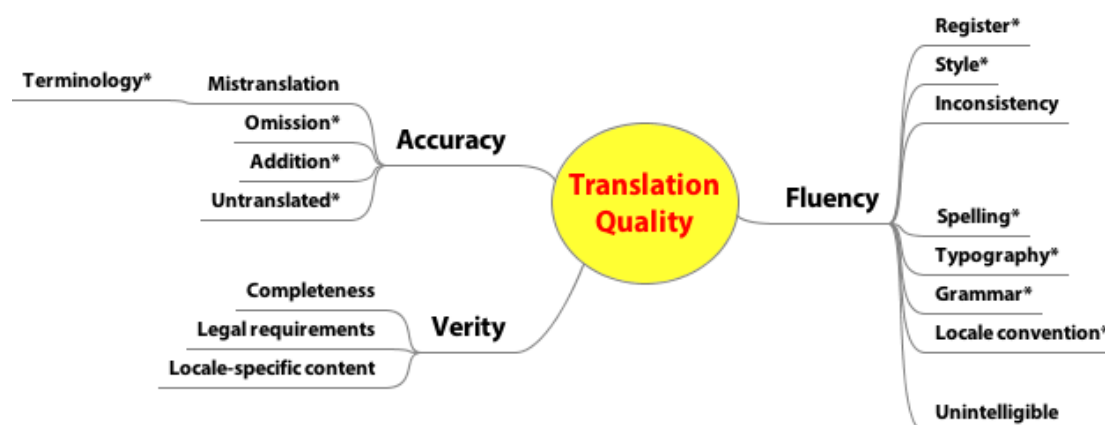


Figure 1: A tree graph of the hierarchy of the MQM error categories²⁹

2.5 Text 1 analysis

The first text comes from the EU, namely it is the first part (The DG in brief) of the European Commission's Annual Activity Report (2018) about Eurostat. Before we proceed with the categorisation and further analysis of the errors found in the texts, we provide the BLEU score so as to know which one of the translations produced by the neural machine translation systems used is more understandable and closer to the human translation. The table below shows the results, according to the *Interactive BLEU score evaluator* algorithm. The first column represents Google Translate and the second PNMT.

BLEU:	56.66	60.03
Precision x brevity:	57.93 x 97.81	61.13 x 98.20

²⁷ Lommel, A., Uszkoreit, H. and Burchardt, A. (2014). *Multidimensional Quality Metrics (MQM): A Framework for Declaring and Describing Translation Quality Metrics*. Revista Tradumàtica: tecnologies de la traducció. [Accessed 12 Sep. 2019]

²⁸ Lommel, A., Uszkoreit, H. and Burchardt, A. (2014). *Multidimensional Quality Metrics (MQM): A Framework for Declaring and Describing Translation Quality Metrics*. Revista Tradumàtica: tecnologies de la traducció. [Accessed 12 Sep. 2019]

²⁹ Lommel, A. (2014). *Multidimensional Quality Metrics Definition*. [online] Qt21.eu. Available at: <http://www.qt21.eu/mqm-definition/definition-2014-08-14.html> [Accessed 12 Oct. 2019].

• Type	1-	2-	3-	4-	1-	2-	3-	4-
• Individual	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram
• Cumulative	85.92	65.49	49.79	40.21	86.36	68.34	53.39	44.31
	84.04	73.37	64.00	56.66	84.81	75.44	66.82	60.03

Table 1: BLEU score produced by Interactive BLEU score evaluator on text 1

According to Lavie (2011), when it comes to BLEU scores, the higher they are, the better the translation is. When a sentence contains many references to the human translation, this results to a better and more accurate score. Usually, scores over 30 reflect understandable translations, while scores over 50 reflect good and more fluent translations.³⁰ So, according to this observation and the results on the table above, both NMT systems produced good and fluent translations, but PNMT scores in this case better.

The categorization and analysis of the errors follows according to the Multidimensional Quality Metrics (MQM) framework. The errors will be presented in two different tables in order to indicate the different neural machine translation system used. In the translation produced by Google Translate there are 26 errors detected in total. Of these, 12 belong to the category of Accuracy and 14 to the category of Fluency. Similarly, in the translation produced by PNMT there are also 26 errors detected. Of these, 12 fall into the category of Accuracy and 14 into the category of Fluency.

Starting with Google Translate, the following table shows a complete list of the errors detected, mentioning also the category and further subcategory they belong to.

ERROR	CATEGORY	SUBCATEGORY
ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΕΛΕΥΣΗ	Accuracy	Mistranslation
ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΕΛΕΥΣΗ	Fluency	Unintelligible
να παράσχει	Fluency	Grammar
στατιστικά στοιχεία	Accuracy	Terminology
λειτουργία	Fluency	Grammar
κανονισμό	Fluency	Grammar
κώδικα των ευρωπαϊκών στατιστικών της πρακτικής	Accuracy	Terminology
που έχουν οριστεί	Accuracy	Mistranslation
που έχουν οριστεί	Fluency	Unintelligible
δράσεις ΕΣΣ	Fluency	Unintelligible
ομοτίμους	Fluency	Grammar
κώδικα ορθής πρακτικής για τις ευρωπαϊκές στατιστικές	Accuracy	Terminology
κώδικα ορθής πρακτικής για τις ευρωπαϊκές στατιστικές	Fluency	Grammar
ακαθάριστο εθνικό εισόδημα	Fluency	Grammar
στοιχείων ΑΕΕ	Fluency	Unintelligible
διαδικασίες υπερβολικού ελλείμματος (ΔΥΕ)	Fluency	Grammar
ασκεί ευθύνες	Fluency	Mistranslation
διαδικασίας μακροοικονομικής ανισορροπίας (ΠΕΠ)	Fluency	Typography

³⁰ Lavie, A. (2011). *Evaluating the Output of Machine Translation Systems* [Ebook]. Retrieved from <https://www.cs.cmu.edu/~alavie/Presentations/MT-Evaluation-MT-Summit-Tutorial-19Sep11.pdf>

(ΠΕΠ)	Accuracy	Terminology
ESP	Accuracy	Untranslated
με παράταση	Fluency	Unintelligible
ESP	Accuracy	Untranslated
δημόσιων συμβάσεων	Accuracy	Mistranslation
επιχειρησιακές και διοικητικές αναλήψεις υποχρεώσεων	Accuracy	Mistranslation
Στις	Accuracy	Mistranslation
πίνακα προσωπικού	Accuracy	Mistranslation

Table 2: Errors found in text 1 translated by Google Translate

Then, I will continue with the errors found in the text produced by PNMT. Likewise, the table below presents a list of the errors detected; pointing out also the category and further subcategory they belong to.

ERROR	CATEGORY	SUBCATEGORY
που είναι	Fluency	Unintelligible
λειτουργία	Fluency	Grammar
κανονισμό	Fluency	Grammar
Δεν προκαλούν υπερβολικό φόρτο	Accuracy	Mistranslation
εθνικές στατιστικές υπηρεσίες	Fluency	Grammar
προτεραιοτήτων	Fluency	Grammar
που έχουν οριστεί	Accuracy	Mistranslation
που έχουν οριστεί	Fluency	Unintelligible
σχηματίζουν το ευρωπαϊκό στατιστικό σύστημα	Accuracy	Mistranslation
σχηματίζουν το ευρωπαϊκό στατιστικό σύστημα	Fluency	Unintelligible
του ΕΣΣ Όραμα 20206	Fluency	Inconsistency
του ΕΣΣ Όραμα 20206	Accuracy	Mistranslation
ομοτίμους	Fluency	Grammar
κώδικα πρακτικής των ευρωπαϊκών στατιστικών	Fluency	Grammar
ακαθάριστο εθνικό εισόδημα	Fluency	Grammar
διαδικασίες υπερβολικού ελλείμματος	Fluency	Grammar
διαδικασίας μακροοικονομικής ανισορροπίας (ETE).	Fluency	Grammar
(ETE)	Accuracy	Terminology
ESP	Accuracy	Untranslated
της ΠΥΕ	Accuracy	Terminology
διοικητικές αναλήψεις υποχρεώσεων	Accuracy	Mistranslation
μεταβιβάζεται	Accuracy	Mistranslation
Στις	Accuracy	Mistranslation
αυτά	Fluency	Grammar
αυτά	Accuracy	Mistranslation
θέσεις προσωπικού	Accuracy	Mistranslation

Table 3: Errors found in text 1 translated by PNMT

First of all, we observe that the number of errors found is exactly the same. This means that the quantity of errors is not as significant as the quality of the errors found in a text translated by a NMT system. The quality of the errors defines the quality of the entire translation. Some errors appear twice in both of the tables above and that's because they might belong in more than one category and affect the text's flow in multiple ways. In both translations, most of the errors are related to the category of fluency. In the case of Google Translate, the majority of the errors belonging to the category of fluency have to do with intelligibility (e.g. ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΕΛΕΥΣΗ), while more parts are connected to grammar (e.g. ομοτίμους). Another characteristic mistake of grammatical errors is the lack of capital letters in some terms, which is important in this case as the text derives from the EU and in most of the cases this form is preserved, (e.g. ακαθάριστο εθνικό εισόδημα). Regarding the category of accuracy, the majority of errors are linked to terminology (e.g. στατιστικά στοιχεία), as the same term appears with different translations within the text and further mistranslation of terms (e.g. ασκεί ευθύνες, πίνακα προσωπικού), while there is only one example of a word left untranslated (e.g. ESP). In the case of PNMT, the majority of errors pertaining to the category of fluency have to do with grammar as well (e.g. ομοτίμους, αυτά). Likewise, many terms, like names of institutions or EU bodies usually appear with a capital letter in the target text (e.g. διαδικασίες υπερβολικού ελλείμματος, ακαθάριστο εθνικό εισόδημα). Here there are also, fewer examples of unintelligible parts (e.g. σχηματίζουν το ευρωπαϊκό στατιστικό σύστημα), while concerning the category of accuracy, similarly the majority of errors are linked to terminology (e.g. ΕΤΕ, ΠΥΕ) and further mistranslation (e.g. του ΕΣΣ Όραμα 20206) of terms and there is also the same example of a word left untranslated (i.e. ESP). According to the previous observations, the errors detected in the translation produced by Google Translate are considered as major errors compared to the ones found in the translation produced by PNMT and can certainly affect the quality of the translation to a great extent. The main goal of machine translation is to create texts as accurate and comprehensible as possible. So, a text's coherence plays a more significant role than grammar for example that is characterized as a minor error, since it does not disrupt the text's flow. Other types of errors, like mistranslations can definitely affect coherence, but it also depends on how they are related to the context and how all these are connected and appear in the final complete version of the translation. To sum up, in this case the human evaluation is in accord with the automatic evaluation, supporting that PNMT produced a better result.

2.6 Text 2 analysis

The second text is a scientific article named *Opinion: We Need More than New Antibiotics to Fight Resistance* retrieved from the scientific magazine *TheScientist*. Similarly, before we proceed with the categorisation and further analysis of the errors detected in the texts, the BLEU score is calculated and presented. The table below shows the results, according to the *Interactive BLEU score evaluator* algorithm. The first column represents Google Translate and the second PNMT.

BLEU:	51.30				49.07			
Precision x brevity:	54.20 x 94.65				51.59 x 95.12			
• Type	1-	2-	3-	4-	1-	2-	3-	4-
• Individual	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram

• Cumulative	86.08	63.23	46.28	34.25	86.26	60.87	43.41	31.07
	81.48	69.83	59.78	51.30	82.05	68.92	58.10	49.07

Table 4: BLEU score produced by Interactive BLEU score evaluator on text 2

As it has already been mentioned above, according to Lavie (2011)³¹ and the results shown in the table above, both NMT systems produced good and fluent translations, but in this case Google Translate scores better.

Subsequently, I will proceed to the categorization and analysis of the errors found in the two different translations according to the Multidimensional Quality Metrics (MQM) framework. Likewise, the errors will be presented in two different tables in order to indicate the different neural machine translation system used. In the translation produced by Google Translate there are 29 errors detected. Of these, 24 fall into the category of Accuracy and only five into the category of Fluency. On the other hand, in the translation produced by PNMT there are 34 errors detected. Of these, 24 belong to the category of Accuracy and ten to the category of Fluency.

Starting with Google Translate, the following table shows a list of the errors detected, mentioning also the category and further subcategory they belong to.

ERROR	CATEGORY	SUBCATEGORY
γνωμοδότηση	Accuracy	Mistranslation
τα	Accuracy	Addition
αναστολείς	Accuracy	Mistranslation
περιοχής	Accuracy	Mistranslation
βακτηριακά παθογόνα	Accuracy	Mistranslation
κυψέλη	Accuracy	Mistranslation
toe	Accuracy	Untranslated
παίζει	Fluency	Grammar
δικαστήριο	Accuracy	Mistranslation
σταφύλια	Accuracy	Mistranslation
αντίσταση	Accuracy	Mistranslation
σε	Accuracy	Mistranslation
με προανθοκυανιδίνη	Accuracy	Omission
βακκίνια	Accuracy	Mistranslation
πεδίο	Accuracy	Mistranslation
σημεία του ανθρώπινου σώματος	Accuracy	Omission
μικροβιακού	Accuracy	Mistranslation
μικροβιοκτόνων κοπράνων	Accuracy	Mistranslation
Clostridium difficile	Fluency	Typography
θεραπεία φάγων	Accuracy	Mistranslation
αφορούσε	Fluency	Unintelligible
αφορούσε	Accuracy	Mistranslation
Αντισώματα	Fluency	Grammar
χορήγηση	Accuracy	Mistranslation

³¹ Lavie, A. (2011). *Evaluating the Output of Machine Translation Systems* [Ebook]. Retrieved from <https://www.cs.cmu.edu/~alavie/Presentations/MT-Evaluation-MT-Summit-Tutorial-19Sep11.pdf>

κτηνοτροφία	Accuracy	Mistranslation
κτηνοτροφία	Fluency	Unintelligible
persister	Accuracy	Untranslated
συνέχισης	Accuracy	Mistranslation
αναπτύσσουν	Accuracy	Mistranslation

Table 5: Errors found in text 2 translated by Google Translate

Then, I will carry on with the errors found in the translation produced by PNMT. Likewise, the table below presents a list of the errors detected, pointing also out the category and further subcategory they belong to.

ERROR	CATEGORY	SUBCATEGORY
Γνωμοδότηση	Accuracy	Mistranslation
φάσεις	Accuracy	Mistranslation
ευρύτερου δυνατού εύρους	Fluency	Unintelligible
blister	Accuracy	Untranslated
δάχτυλο	Accuracy	Mistranslation
δικαστήριο	Accuracy	Mistranslation
κυψέλη	Accuracy	Mistranslation
Staphylococcus aureus	Accuracy	Untranslated
ναρκωτικών	Accuracy	Mistranslation
αντίστασης	Accuracy	Mistranslation
σε	Accuracy	Mistranslation
με προανθοκυανιδίνη	Accuracy	Omission
μύρτιλλα	Accuracy	Mistranslation
Clostridium difficile	Fluency	Typography
βακτηριοφάγοι	Fluency	Grammar
“ΠΑ	Fluency	Typography
βακτηριοφαγών	Fluency	Grammar
θεραπεία φάσης	Accuracy	Mistranslation
Ένζυμα	Fluency	Grammar
φάγες	Accuracy	Mistranslation
στη	Fluency	Grammar
τρίχωμα	Accuracy	Mistranslation
χορήγηση	Accuracy	Mistranslation
ανάπτυξης νέων εμβολίων	Accuracy	Omission
εκτροφή	Accuracy	Mistranslation
εκτροφή	Fluency	Unintelligible
εμμονή	Accuracy	Mistranslation
περαδελφικά	Accuracy	Mistranslation
της περσικής φυλής	Accuracy	Mistranslation
της περσικής φυλής	Fluency	Unintelligible
συνέχισης	Accuracy	Mistranslation

ναρκωτικά	Accuracy	Mistranslation
εκκλησιαστική	Accuracy	Mistranslation
εκκλησιαστική	Fluency	Unintelligible

Table 6: Errors found in text 2 translated by PNMT

Firstly, we notice that in the case of the second text there is a difference regarding the amount and type of errors detected in the two different translations, a fact that is also highlighted by the BLEU scores. In this case, in both translations the majority of errors fall into the category of accuracy. Regarding Google Translate, most of the errors found are mistranslations of different words as many of them have multiple meanings and were used regardless of the context (e.g. αντίστασης, συνέχισης, δικαστήριο) while there are few cases that have to do with the special scientific terminology of the source text (e.g. αναστολές). There are also a couple of examples of omitted parts (e.g. σημεία του ανθρώπινου σώματος) and untranslated terms (e.g. persister). As for the few errors that belong to the category of fluency, these are a couple of grammatical mistakes (e.g. παίζει), a case of wrong typography (e.g. *Clostridium difficile* – should be in *italics*) and very few unintelligible parts (e.g. κτηνοτροφία). On the contrary, in the translation produced by PNMT the majority of errors still have to do with accuracy, but there are more errors regarding fluency detected in this case. Likewise, most of the accuracy errors are mistranslations of words with multiple meanings that were used regardless of the context (e.g. ναρκωτικών, αντίστασης, δικαστήριο), but here there are more examples of errors connected to the text's special scientific terminology (e.g. φάσεις, φάγεζ, θεραπεία φάσης). Then, there are a couple of words omitted (e.g. ανάπτυξης νέων εμβολίων) and an example of a term left untranslated, although there is a Greek term (i.e. *Staphylococcus aureus*). Concerning the category of fluency, there is a significant number of parts considered unintelligible (e.g. ευρύτερου δυνατού εύρους), as well as more grammatical (e.g. στη, βακτηριοφαγών, βακτηριοφάγοι) and typographical errors (e.g. *Clostridium difficile* – should be in *italics*, “ΠΑ). To sum up, according to the error analysis and the BLEU score, the translation produced by Google Translate is more accurate, qualitative, understandable and closer to the human translation. The errors detected in PNMT system's translation are considered as major errors as they can affect the text's flow and intelligibility to a greater extend compared to those found in Google Translate's translation. Similarly, in this case, the human evaluation is in accord with the automatic evaluation, that indicates that Google Translate produced a better output.

3. CONCLUSION

Conclusively, it is noteworthy that both of these neural machine translation systems produced a decent result and this is also indicated both by the BLEU score and the human evaluation. The quality of this result, as it occurs from all the observations made, is also affected by the type of the text to a great extend. A neural machine translation system interacts differently with an institutional text that contains standard terminology, structure and style or a scientific text that also may include distinct special terminology, structure and style. So, in the first case of the EU text, PNMT produced a better result, while in the case of the scientific article, Google Translate created a superior translation. Nevertheless, both translations are pretty accurate and

comprehensible. They might have flaws, a fact that makes sense, since the NMT technology is still evolving, but the outcome is still impressive. Apart from that, though, in the present study, we also had the opportunity to observe the relationship between human and automatic MTE, having in this case only one sample, BLEU metric. The correlation is high, but the automatic MTE has a time advantage. The most important point, though, is that all of the observations made form proof that NMT is one of the greatest accomplishments of our times with very promising results for the future of machine translation.

REFERENCES

- Enache, B. (2016). *TRANSLATION - WHAT A WONDERFUL WOR(L)D*. [online] Lexington.ro. Available at: <https://www.lexington.ro/en/blog/item/36-translation-what-a-wonderful-wor-l-d.html> [Accessed 7 Sept. 2019].
- Lebert, M. (2019). A short history of translation and translators., Availble at: <https://marielebert.wordpress.com/2016/11/02/translation/> [Accessed 18 August 2019]
- Hutchins, W. (1995). *MACHINE TRANSLATION: A BRIEF HISTORY*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/ConcHistoryLangSci-1995.pdf> [Accessed 19 Aug. 2019].
- Hutchins, W. (2001). *Machine Translation over fifty years*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/6bf4/7bb3f7d615db174c5e177df1cb6dd4c814f7.pdf> [Accessed 19 Aug. 2019].
- Infogalactic.com. (2015). *History of machine translation - Infogalactic: the planetary knowledge core*. [online] Available at: https://infogalactic.com/info/History_of_machine_translation [Accessed 18 Aug. 2020].
- Horwood, E. (2020). *Machine Translation: past, present, future*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/PPF-TOC.htm> [Accessed 15 Aug. 2019].
- Infogalactic.com. (2015). *History of machine translation - Infogalactic: the planetary knowledge core*. [online] Available at: https://infogalactic.com/info/History_of_machine_translation [Accessed 18 Aug. 2020].
- Horwood, E. (2020). *Machine Translation: past, present, future*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/PPF-TOC.htm> [Accessed 15 Aug. 2019].
- StudFiles. (2016). 3. *The 1960s, the alpac report and the seventies*. [online] Available at: <https://studfile.net/preview/5427075/page:2/> [Accessed 10 Sep. 2019].
- *Article for translators: History of machine translation*. (2008)., Available at: <https://www.translationdirectory.com/articles/article1906.php> [Accessed 20 January 2020]
- Sfetcu, N. (2009). *Approaches in machine translation - SetThings*. [online] SetThings. Available at: <https://www.setthings.com/en/approaches-in-machine-translation/> [Accessed 5 Sep. 2019].
- Hutchins, W. and L. Somers, H. (1992). *Introduction to Machine Translation*. [online] Hutchinsweb.me.uk. Available at: <http://www.hutchinsweb.me.uk/IntroMT-TOC.htm> [Accessed 10 Sep. 2019].
- Chen, Z., Komrusch, S., Tufano, M., Pouchet, L., Poshyvanyk, D. and Monperrus, M. (2019). *SEQUENCER: Sequence-to-Sequence Learning for End-to-End Program Repair*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1901.01808.pdf> [Accessed 10 Sep. 2019].
- SYSTRAN GROUP. (2017). *Artificial Intelligence & Deep Learning applied to Machine Translation*. Available at:

- <https://www.systransoft.com/download/product-datasheets/systran-pure-neural-server-factsheet.pdf> [Accessed 12 Sep. 2019].
- Johnson, M., Schuster, M., V. Le, Q., Krikun, M., Wu, Y., Chen, Z., Thorat, N., Viégas, F., Wattenberg, M., Corrado, G., Hughes, M. and Dean, J. (2017). *Google's Multilingual Neural Machine Translation System: Enabling Zero-Shot Translation*. Google. Available at: <https://www.aclweb.org/anthology/Q17-1024.pdf> [Accessed 10 Aug. 2019].
 - Lommel, A., Uszkoreit, H. and Burchardt, A. (2014). *Multidimensional Quality Metrics (MQM): A Framework for Declaring and Describing Translation Quality Metrics*. Revista Tradumàtica: tecnologies de la traducció. [Accessed 12 Sep. 2019]
 - Lommel, A. (2014). *Multidimensional Quality Metrics Definition*. [online] Qt21.eu. Available at: <http://www.qt21.eu/mqm-definition/definition-2014-08-14.html> [Accessed 12 Oct. 2019].
 - Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W. (2002). *BLEU: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation*. Available at: <https://www.aclweb.org/anthology/P02-1040.pdf>. [Accessed 27 January 2020]
 - Lavie, A. (2011). *Evaluating the Output of Machine Translation Systems* [Ebook]. Retrieved from <https://www.cs.cmu.edu/~alavie/Presentations/MT-Evaluation-MT-Summit-Tutorial-19Sep11.pdf>

For the source texts:

- Eurostat The DG in brief, European Commission's Annual Activity Report (2018) Retrieved from: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/estat_2018_aar_final.pdf.pdf
- Opinion: We Need More than New Antibiotics to Fight Resistance, TheScientist Retrieved from: <https://www.the-scientist.com/news-opinion/opinion--we-need-more-than-new-antibiotics-to-fight-resistance-66668>

For the lexile score:

- <https://hub.lexile.com/analyzer>

For the evaluation of the neural machine translation systems:

- <https://www.letsmt.eu/Bleu.aspx>

For my translation and the writing of the paper the following were also used:

- <https://iate.europa.eu/home>
- <https://www.thesaurus.com/>
- <https://www.wordreference.com>

Appendix I

Source text 1

THE DG IN BRIEF

Eurostat is the statistical office of the European Union. Its mission is to provide high-quality statistics for Europe.

European statistics are developed, produced and disseminated in accordance with the statistical principles enshrined in Article 338 of the Treaty on the Functioning of the European Union and further elaborated in Regulation (EC) No 223/2009 on European statistics as well as the European statistics Code of Practice. European statistics conform to the principles of impartiality, reliability, objectivity, professional independence, cost-effectiveness and statistical confidentiality. They shall not cause an excessive burden to business nor households. By providing reliable and comparable statistical information, Eurostat supports evidence-based EU policies and the implementation of the ten Commission Priorities.

Eurostat produces European statistics in partnership with the Member States based on shared statistical standards, methods, procedures, practices and tools. The Member States' National Statistical Institutes (NSIs) and other national authorities designated to produce official statistics form European Statistical System (ESS). ESS members participate in joint actions, such as collaborative networks and centres of excellence. European Economic Area countries and Switzerland participate in the ESS under specific agreements that cover matters such as the provision of data to Eurostat and the country's participation in joint ESS actions together with others. An administrative arrangement lays down the technical cooperation with the European Free Trade Association (EFTA) in the field of statistics.

Eurostat and its ESS partners continuously invest in the modernisation of European statistics under the ESS Vision 2020 and implement new methods of production through a portfolio of projects and supporting frameworks. Eurostat organises cycles of peer reviews on the compliance of the Member States with the European Statistics Code of Practice.

Commission Decision (2012/504/EU) defines the role and responsibilities of Eurostat within the internal organisation of the Commission, as regards the development, production and dissemination of statistics. In addition, Eurostat cooperates very closely with the European Central Bank and international organisations (i.e. UN, OECD, IMF, ILO, World Bank), in developing international standards to ensure comparability of statistics across the globe.

Eurostat is also involved in the process for own resources verification. Eurostat checks the application of the Gross National Income (GNI) regulation, proposes methods to ensure the exhaustiveness, comparability and reliability of national GNI data, verifies the data provided annually by Member States and directs the work of the GNI Committee. Furthermore, Eurostat supports DG Budget in the verification of the VAT statements provided annually by the Member States, in particular the parts that are linked to the use of national accounts data.

Eurostat is involved in the economic governance of the EU. It verifies the public finance statistics used in Excessive Deficit Procedures (EDP) and also holds responsibilities in the area of the Macroeconomic Imbalance Procedure (MIP). Eurostat is also in charge of budgetary surveillance as is allowed to carry out investigations and recommend fines if data is misrepresented.

The EU's statistical priorities are defined in multi-annual statistical programmes proposed by the Commission and adopted by the European Parliament and the Council. In October 2017, the European Parliament and the Council adopted Regulation (EU) No 2017/1951 amending Regulation (EU) No 99/2013 on the ESP 2013-17, by extending it until 2020.

Eurostat implements the budget of the ESP through grants and public procurement contracts, which help produce European statistics. Eurostat awards contracts mainly to firms specialised in statistics or informatics services. Grants are mainly given to institutes in the Member States, which produce official European statistics.

In 2018, Eurostat managed a total of €70.37 million, made up of operational and administrative budget commitments. Part of the budget is sub-delegated to Eurostat by other Commission departments.

As of 31 December 2018, Eurostat had 754 staff members. Of this, 603 were establishment plan posts and 151 were external personnel.

Text 1 human translation

Η ΓΔ ΕΝ ΣΥΝΤΟΜΙΑ

Η Eurostat είναι η στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αποστολή της είναι να παρέχει στατιστικές υψηλής ποιότητας στην Ευρώπη. Οι ευρωπαϊκές στατιστικές αναπτύσσονται, παράγονται και διαδίδονται σύμφωνα με τις στατιστικές αρχές που κατοχυρώνονται στο Άρθρο 338 της Συνθήκης για τη Λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αναπτύσσονται περαιτέρω στον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 223/2009 περί των Ευρωπαϊκών στατιστικών, όπως και στον Κώδικα Πρακτικής περί Ευρωπαϊκών στατιστικών.

Οι Ευρωπαϊκές στατιστικές συμμορφώνονται με τις αρχές της αμεροληψίας, της αξιοπιστίας, της αντικειμενικότητας, της επαγγελματικής ανεξαρτησίας, της σχέσης κόστους – αποτελεσματικότητας και του στατιστικού απορρήτου. Δεν πρόκειται να επιβαρύνον υπερβολικά καμία επιχείρηση και κανένα νοικοκυριό. Με την παροχή αξιόπιστων και συγκρίσιμων στατιστικών πληροφοριών, η Eurostat στηρίζει τεκμηριωμένες πολιτικές της ΕΕ καθώς και την εφαρμογή των δέκα Προτεραιοτήτων της Επιτροπής.

Η Eurostat παράγει ευρωπαϊκές στατιστικές σε συνεργασία με τα κράτη – μέλη, οι οποίες βασίζονται σε κοινές στατιστικές προδιαγραφές, μεθόδους, διαδικασίες, πρακτικές και εργαλεία. Οι Εθνικές Στατιστικές Υπηρεσίες των κρατών – μελών (ΕΣΥ) καθώς και άλλες εθνικές αρχές έχουν οριστεί να παράγουν επίσημες στατιστικές από το Ευρωπαϊκό Στατιστικό Σύστημα (ΕΣΣ). Τα μέλη του ΕΣΣ συμμετέχουν σε κοινές δράσεις, όπως τα δίκτυα συνεργασίας και τα κέντρα αριστείας. Οι χώρες του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου και η Ελβετία

συμμετέχουν στο ΕΣΣ υπό ειδικές συμφωνίες που καλύπτουν θέματα όπως είναι η παραχώρηση δεδομένων στη Eurostat και η συμμετοχή της χώρας σε κοινές δράσεις του ΕΣΣ μαζί με άλλες. Ένας διοικητικός διακανονισμός θεσπίζει την τεχνική συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ζώνη Ελεύθερων Συναλλαγών (ΕΖΕΣ) στον τομέα των στατιστικών.

Η Eurostat μαζί με τους συνεργάτες της από το ΕΣΣ συνεχώς επενδύουν στον εκσυγχρονισμό των Ευρωπαϊκών στατιστικών υπό το πρόγραμμα ESS Vision 20206, καθώς επίσης εφαρμόζουν νέες μεθόδους παραγωγής μέσω ενός χαρτοφυλακίου που περιλαμβάνει ερευνητικά σχέδια και πλαίσια στήριξης. Η Eurostat οργανώνει κύκλους αξιολογήσεων από ομότιμους σχετικά με την συμμόρφωση των κρατών – μελών με τον Κώδικα Πρακτικής περί Ευρωπαϊκών Στατιστικών.

Η απόφαση της Επιτροπής (2012/504/ΕΕ) ορίζει το ρόλο και τα καθήκοντα της Eurostat εντός της εσωτερικής οργάνωσης της Επιτροπής, όσον αφορά την ανάπτυξη, την παραγωγή και τη διάδοση των στατιστικών. Επιπροσθέτως, η Eurostat συνεργάζεται πολύ στενά με την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα και με διεθνείς οργανισμούς (δηλ. ΟΗΕ, ΟΟΣΑ, ΔΝΤ, ΔΟΕ, Παγκόσμια Τράπεζα) στην ανάπτυξη διεθνών προδιαγραφών για την εξασφάλιση της συγκρισιμότητας των στατιστικών παγκοσμίως.

Η Eurostat εμπλέκεται επίσης στη διαδικασία επαλήθευσης των ιδίων πόρων. Η Eurostat ελέγχει την εφαρμογή του κανονισμού του Ακαθάριστου Εθνικού Εισοδήματος (ΑΕΕ), προτείνει μεθόδους για την εξασφάλιση της πληρότητας, της συγκρισιμότητας και της αξιοπιστίας των εθνικών δεδομένων για το ΑΕΕ, επιβεβαιώνει τα δεδομένα που παρέχουν τα κράτη – μέλη ετησίως ΓΔ Προϋπολογισμού στην επαλήθευση των καταστάσεων ΦΠΑ που παρέχονται από τα κράτη – μέλη ετησίως, κυρίως τα μέρη που συνδέονται με τη χρήση δεδομένων εθνικών λογαριασμών.

Η Eurostat εμπλέκεται στην οικονομική διοίκηση της ΕΕ. Επαληθεύει τις στατιστικές των δημόσιων οικονομικών που χρησιμοποιούνται στην Διαδικασία Υπερβολικού Ελλείμματος (ΔΥΕ) και έχει επίσης υποχρεώσεις στον τομέα της Διαδικασίας Μακροοικονομικών Ανισορροπιών (ΔΜΑ). Η Eurostat είναι επίσης υπεύθυνη για την παρακολούθηση του προϋπολογισμού, καθώς επιτρέπεται να διεξάγει έρευνες και να προτείνει πρόστιμα εάν τα δεδομένα διαστρεβλώνονται.

Οι στατιστικές προτεραιότητες της ΕΕ καθορίζονται σε πολυετή στατιστικά προγράμματα που προτείνει η Επιτροπή και υιοθετούν το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο. Τον Οκτώβριο του 2017, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο υιοθέτησαν τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 2017/19518, τροποποιώντας τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 99/2013 σχετικά με το ΕΣΠ 2013-17, επεκτείνοντάς τον ως το 2020.

Η Eurostat εφαρμόζει τον προϋπολογισμό του ΕΣΠ μέσω επιχορηγήσεων και συμβάσεων δημόσιων προμηθειών, που βοηθούν στην παραγωγή Ευρωπαϊκών στατιστικών. Η Eurostat αναθέτει τα συμβόλαια κυρίως σε εταιρίες που ειδικεύονται σε στατιστικές ή υπηρεσίες πληροφορικής. Οι επιχορηγήσεις δίνονται κυρίως σε ινστιτούτα των κρατών – μελών, τα οποία παράγουν επίσημες Ευρωπαϊκές στατιστικές.

Το 2018, η Eurostat διαχειρίστηκε ένα συνολικό ποσό ύψους 70.37 εκατομμυρίων ευρώ, προερχόμενο από λειτουργικές και διοικητικές δεσμεύσεις προϋπολογισμού. Μέρος του προϋπολογισμού έχει μεταβιβαστεί περαιτέρω στη Eurostat από άλλα τμήματα της Επιτροπής.

Μέχρι και τις 31 Δεκεμβρίου 2018, η Eurostat είχε 754 υπαλλήλους. Από αυτό το σύνολο, 603 ήταν οι θέσεις απασχόλησης του οργανογράμματος, ενώ 151 ήταν οι θέσεις του εξωτερικού προσωπικού.

Text 1 Google Translate

Η ΓΔ ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΕΛΕΥΣΗ

Η Eurostat είναι η στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αποστολή της είναι να παράσχει υψηλής ποιότητας στατιστικά στοιχεία για την Ευρώπη. Οι ευρωπαϊκές στατιστικές αναπτύσσονται, παράγονται και διαδίδονται σύμφωνα με τις στατιστικές αρχές που κατοχυρώνονται στο άρθρο 338 της Συνθήκης για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αναπτύσσονται περαιτέρω στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 223/2009 για τις ευρωπαϊκές στατιστικές καθώς και στον κώδικα των ευρωπαϊκών στατιστικών της πρακτικής.

Οι ευρωπαϊκές στατιστικές είναι σύμφωνες με τις αρχές της αμεροληψίας, της αξιοπιστίας, της αντικειμενικότητας, της επαγγελματικής ανεξαρτησίας, της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας και του στατιστικού απορρήτου. Δεν πρέπει να επιβαρύνουν την επιχείρηση και τα νοικοκυριά. Παρέχοντας αξιόπιστες και συγκρίσιμες στατιστικές πληροφορίες, η Eurostat υποστηρίζει τις πολιτικές της ΕΕ βάσει τεκμηριωμένων στοιχείων και την εφαρμογή των δέκα προτεραιοτήτων της Επιτροπής.

Η Eurostat παράγει ευρωπαϊκές στατιστικές σε συνεργασία με τα κράτη μέλη βάσει κοινών στατιστικών προτύπων, μεθόδων, διαδικασιών, πρακτικών και εργαλείων. Οι εθνικές στατιστικές υπηρεσίες των κρατών μελών (ΕΣΥ) και άλλες εθνικές αρχές που έχουν οριστεί για την παραγωγή επίσημων στατιστικών από το ευρωπαϊκό στατιστικό σύστημα (ΕΣΣ). Τα μέλη του ΕΣΣ συμμετέχουν σε κοινές δράσεις, όπως συνεργατικά δίκτυα και κέντρα αριστείας. Οι χώρες του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου και η Ελβετία συμμετέχουν στο ΕΣΣ βάσει ειδικών συμφωνιών που καλύπτουν θέματα όπως η παροχή δεδομένων στη Eurostat και η συμμετοχή της χώρας σε κοινές δράσεις ΕΣΣ μαζί με άλλους. Μια διοικητική ρύθμιση ορίζει την τεχνική συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ζώνη Ελεύθερων Συναλλαγών (ΕΖΕΣ) στον τομέα των στατιστικών.

Η Eurostat και οι εταίροι της ΕΣΣ επενδύουν συνεχώς στον εκσυγχρονισμό των ευρωπαϊκών στατιστικών στο πλαίσιο του οράματος ESS Vision 20206 και εφαρμόζουν νέες μεθόδους παραγωγής μέσω ενός χαρτοφυλακίου έργων και υποστηρικτικών πλαισίων. Η Eurostat διοργανώνει κύκλους αξιολόγησης από ομοτίμους όσον αφορά τη συμμόρφωση των κρατών μελών με τον κώδικα ορθής πρακτικής για τις ευρωπαϊκές στατιστικές.

Η απόφαση της Επιτροπής (2012/504 / ΕΕ) ορίζει τον ρόλο και τις αρμοδιότητες της Eurostat στο πλαίσιο της εσωτερικής οργάνωσης της Επιτροπής, όσον αφορά την ανάπτυξη, παραγωγή και διάδοση στατιστικών. Επιπλέον, η Eurostat συνεργάζεται

στενά με την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα και τους διεθνείς οργανισμούς (δηλαδή με τον ΟΗΕ, τον ΟΟΣΑ, το ΔΝΤ, τη ΔΟΕ, την Παγκόσμια Τράπεζα) για την ανάπτυξη διεθνών προτύπων για τη διασφάλιση της συγκρισιμότητας των στατιστικών ανά την υφήλιο.

Η Eurostat συμμετέχει επίσης στη διαδικασία επαλήθευσης των ιδίων πόρων. Η Eurostat ελέγχει την εφαρμογή του κανονισμού για το ακαθάριστο εθνικό εισόδημα (ΑΕΕ), προτείνει μεθόδους που εξασφαλίζουν την πληρότητα, τη συγκρισιμότητα και την αξιοπιστία των εθνικών στοιχείων ΑΕΕ, επαληθεύει τα στοιχεία που παρέχουν ετησίως τα κράτη μέλη και κατευθύνει τις εργασίες της επιτροπής ΑΕΕ. Επιπλέον, η Eurostat στηρίζει τη ΓΔ Προϋπολογισμού κατά την επαλήθευση των δηλώσεων ΦΠΑ που παρέχονται ετησίως από τα κράτη μέλη, ιδίως των τμημάτων που συνδέονται με τη χρήση των δεδομένων των εθνικών λογαριασμών.

Η Eurostat συμμετέχει στην οικονομική διακυβέρνηση της ΕΕ. Εξακριβώνει τις στατιστικές δημοσίων οικονομικών που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες υπερβολικού ελλείμματος (ΔΥΕ) και ασκεί επίσης ευθύνες στον τομέα της διαδικασίας μακροοικονομικής ανισορροπίας (ΠΕΠ). Η Eurostat είναι επίσης υπεύθυνη για την εποπτεία του προϋπολογισμού, δεδομένου ότι επιτρέπεται να διεξάγει έρευνες και να προτείνει πρόστιμα εάν τα δεδομένα παραπλανηθούν.

Οι στατιστικές προτεραιότητες της ΕΕ ορίζονται στα πολυετή στατιστικά προγράμματα που προτείνονται από την Επιτροπή και εγκρίνονται από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο. Τον Οκτώβριο του 2017, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο εξέδωσαν τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 2017/1951 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 99/2013 σχετικά με το ESP 2013-17, με παράταση μέχρι το 2020.

Η Eurostat υλοποιεί τον προϋπολογισμό του ESP μέσω επιδοτήσεων και δημόσιων συμβάσεων, οι οποίες συμβάλλουν στην παραγωγή ευρωπαϊκών στατιστικών. Η Eurostat αναθέτει συμβάσεις κυρίως σε εταιρείες που ειδικεύονται σε στατιστικές ή υπηρεσίες πληροφορικής. Οι επιχορηγήσεις παρέχονται κυρίως σε ιδρύματα των κρατών μελών που παράγουν επίσημες ευρωπαϊκές στατιστικές.

Το 2018, η Eurostat διαχειρίστηκε συνολικά 70,37 εκατ. Ευρώ, που αποτελούνται από επιχειρησιακές και διοικητικές αναλήψεις υποχρεώσεων. Μέρος του προϋπολογισμού έχει μεταφερθεί εκ νέου στην Eurostat από άλλες υπηρεσίες της Επιτροπής.

Στις 31 Δεκεμβρίου 2018, η Eurostat διέθετε 754 μέλη του προσωπικού. Από αυτά, 603 ήταν θέσεις του πίνακα προσωπικού και 151 εξωτερικό προσωπικό.

Text 1 PNMT

Η ΓΔ ΕΝ ΣΥΝΤΟΜΙΑ

Η Eurostat είναι η στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αποστολή του είναι να παρέχει υψηλής ποιότητας στατιστικές για την Ευρώπη. Οι ευρωπαϊκές στατιστικές αναπτύσσονται, παράγονται και διαδίδονται σύμφωνα με τις στατιστικές αρχές που κατοχυρώνονται στο άρθρο 338 της Συνθήκης για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αναπτύσσονται περαιτέρω στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ.

223/2009 για τις ευρωπαϊκές στατιστικές, καθώς και στον κώδικα πρακτικής για τις ευρωπαϊκές στατιστικές.

Οι ευρωπαϊκές στατιστικές συμμορφώνονται με τις αρχές της αμεροληψίας, της αξιοπιστίας, της αντικειμενικότητας, της επαγγελματικής ανεξαρτησίας, της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας και του στατιστικού απορρήτου. Δεν προκαλούν υπερβολικό φόρτο στις επιχειρήσεις ούτε στα νοικοκυριά. Παρέχοντας αξιόπιστες και συγκρίσιμες στατιστικές πληροφορίες, η Eurostat στηρίζει τεκμηριωμένες πολιτικές της ΕΕ και την εφαρμογή των δέκα προτεραιοτήτων της Επιτροπής.

Η Eurostat παράγει ευρωπαϊκές στατιστικές σε συνεργασία με τα κράτη μέλη βάσει κοινών στατιστικών προτύπων, μεθόδων, διαδικασιών, πρακτικών και εργαλείων. Οι εθνικές στατιστικές υπηρεσίες (ΕΣΥ) των κρατών μελών και άλλες εθνικές αρχές που έχουν οριστεί για την παραγωγή επίσημων στατιστικών σχηματίζουν το ευρωπαϊκό στατιστικό σύστημα (ΕΣΣ). Τα μέλη του ΕΣΣ συμμετέχουν σε κοινές δράσεις, όπως δίκτυα συνεργασίας και κέντρα αριστείας. Οι χώρες του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου και η Ελβετία συμμετέχουν στο ΕΣΣ στο πλαίσιο ειδικών συμφωνιών που καλύπτουν θέματα όπως η παροχή δεδομένων στην Eurostat και η συμμετοχή της χώρας σε κοινές δράσεις του ΕΣΣ μαζί με άλλες. Μια διοικητική ρύθμιση καθορίζει την τεχνική συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ζώνη Ελευθέρων Συναλλαγών (ΕΖΕΣ) στον τομέα των στατιστικών.

Η Eurostat και οι εταίροι της στο πλαίσιο του ΕΣΣ επενδύουν συνεχώς στον εκσυγχρονισμό των ευρωπαϊκών στατιστικών στο πλαίσιο του ΕΣΣ Όραμα 20206 και εφαρμόζουν νέες μεθόδους παραγωγής μέσω ενός χαρτοφυλακίου έργων και πλαισίων στήριξης. Η Eurostat διοργανώνει κύκλους αξιολόγησης από ομοτίμους σχετικά με τη συμμόρφωση των κρατών μελών με τον κώδικα πρακτικής των ευρωπαϊκών στατιστικών.

Η απόφαση (2012/504/ΕΕ) της Επιτροπής ορίζει τον ρόλο και τις αρμοδιότητες της Eurostat στο πλαίσιο της εσωτερικής οργάνωσης της Επιτροπής, όσον αφορά την ανάπτυξη, την παραγωγή και τη διάδοση στατιστικών. Επιπλέον, η Eurostat συνεργάζεται πολύ στενά με την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα και τους διεθνείς οργανισμούς (π.χ. ΟΗΕ, ΟΟΣΑ, ΔΝΤ, ΔΟΕ, Παγκόσμια Τράπεζα), για την ανάπτυξη διεθνών προτύπων για τη διασφάλιση της συγκρισιμότητας των στατιστικών σε ολόκληρο τον κόσμο.

Η Eurostat συμμετέχει επίσης στη διαδικασία επαλήθευσης των ιδίων πόρων. Η Eurostat ελέγχει την εφαρμογή του κανονισμού για το ακαθάριστο εθνικό εισόδημα (ΑΕΕ), προτείνει μεθόδους για να διασφαλιστεί η πληρότητα, η συγκρισιμότητα και η αξιοπιστία των εθνικών στοιχείων ΑΕΕ, επαληθεύει τα δεδομένα που παρέχονται ετησίως από τα κράτη μέλη και διευθύνει τις εργασίες της επιτροπής ΑΕΕ. Επιπλέον, η Eurostat υποστηρίζει τη ΓΔ Προϋπολογισμού στην επαλήθευση των δηλώσεων ΦΠΑ που παρέχονται ετησίως από τα κράτη μέλη, ιδίως των τμημάτων που συνδέονται με τη χρήση των δεδομένων των εθνικών λογαριασμών.

Η Eurostat συμμετέχει στην οικονομική διακυβέρνηση της ΕΕ. Επαληθεύει τα στατιστικά στοιχεία των δημόσιων οικονομικών που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες υπερβολικού ελλείμματος (ΔΥΕ) και επίσης έχει αρμοδιότητες στον τομέα της διαδικασίας μακροοικονομικής ανισορροπίας (ΕΤΕ). Η Eurostat είναι

επίσης αρμόδια για τη δημοσιονομική εποπτεία, καθώς επιτρέπεται να διεξάγει έρευνες και να προτείνει πρόστιμα σε περίπτωση που τα στοιχεία δεν αντιπροσωπεύονται σωστά.

Οι στατιστικές προτεραιότητες της ΕΕ καθορίζονται στα πολυετή στατιστικά προγράμματα που προτείνει η Επιτροπή και εγκρίνει το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο. Τον Οκτώβριο του 2017, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο εξέδωσαν τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 2017/1951 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 99/2013 για την ESP 2013-17, με την παράτασή του έως το 2020.

Η Eurostat εκτελεί τον προϋπολογισμό της ΠΥΕ μέσω επιχορηγήσεων και δημόσιων συμβάσεων, οι οποίες βοηθούν στην παραγωγή ευρωπαϊκών στατιστικών. Η Eurostat αναθέτει συμβάσεις κυρίως σε επιχειρήσεις ειδικευμένες σε στατιστικές ή υπηρεσίες πληροφορικής. Οι επιδοτήσεις χορηγούνται κυρίως σε ιδρύματα των κρατών μελών, τα οποία παράγουν επίσημες ευρωπαϊκές στατιστικές.

Το 2018, η Eurostat διαχειρίστηκε συνολικό ποσό 70,37 εκατ. ευρώ, το οποίο αποτελείτο από επιχειρησιακές και διοικητικές αναλήψεις υποχρεώσεων του προϋπολογισμού. Μέρος του προϋπολογισμού μεταβιβάζεται στην Eurostat από άλλες υπηρεσίες της Επιτροπής.

Στις 31 Δεκεμβρίου 2018, η Eurostat απασχολούσε 754 υπαλλήλους. Από αυτά, 603 ήταν θέσεις προσωπικού και 151 ήταν εξωτερικό προσωπικό.

Appendix II

Source text 2

Opinion: We Need More than New Antibiotics to Fight Resistance

Metabolic disrupters, phages, and other approaches are going to be needed to treat the broadest possible range of patients infected by bacterial pathogens resistant to multiple drugs.

In the summer of 1924, Calvin Jr., President Coolidge's youngest son, developed a blister in his third right toe while playing tennis at the White House court. The blister became infected with *Staphylococcus aureus* (staph), and he died a week later at just 16 years old. Two decades later, penicillin could have saved him, but this drug is now useless against staph because of drug resistance, which has now become a broader crisis in medicine.

Of course, there is an ongoing search for new safe and effective antibiotics, but agents are very difficult to find. Unfortunately, even after the introduction of a new antibiotic, resistance inevitably develops through the evolution of the targeted bacteria in months to years. While we support the ongoing efforts to develop new antibiotics, we thought it would be timely to review other therapeutic approaches beyond antibiotics that are being explored.

One strategy exploits the ability of some drugs to potentiate the effects of a particular antibiotic and permit the use of smaller doses of antibiotics, thereby reducing the risks for undesirable side effects. For example, in in vitro and in vivo experiments some antibiotics are more effective when paired with a proanthocyanidin, from cranberries, that both increases antibiotic entry into bacterial cells and decreases efflux of antibiotic from those cells.

Human microbial ecology is another factor of great importance for the treatment of bacterial infections. The microbes normally in our gastrointestinal tracts, on the skin, and elsewhere in or on the human body have major influences on human physiology. Similarly, the composition of the normal microbial populations associated with human beings can influence the risks of infection by dangerous bacteria, whether they possess multiple antibiotic resistance mechanisms or not. One example of the influence of the microbiome on the risk of infection is the apparent effectiveness of fecal microbiome transplants for certain gastrointestinal infections, such as those caused by *Clostridium difficile*.

More than a century ago, microbiologists discovered viruses, known as bacteriophages, that killed bacteria. Exploitation of these natural parasites of microbes as antibacterial therapy began soon thereafter. While interest in this approach largely waned in Europe and the US after the introduction of antibiotics in the mid-20th century, there is now a renewed interest in using bacteriophages to treat bacterial infections. Recently, there have been several cases reported for which phage therapy produced substantial clinical benefit in a variety of severe infections. Enzymes derived from phages and other microbes might also be used in therapy, echoing early

efforts by the legendary Rene Dubos to treat pneumonia in monkeys with an enzyme that digested the bacterial coat.

The immune system provides an additional potential source of antimicrobial agents. Antibodies, proteins produced by white blood cells known as B lymphocytes, can be used in their natural form or modified using genetic or chemical methods. In the days before antibiotics, many infectious diseases were treated with antibodies in the form of serum therapy. For certain pathogens, it may also make sense to investigate the relevance of developing new vaccines.

Until these new options are available, we must redouble our efforts to strengthen infection control procedures in hospitals to reduce the spread of resistant microbes. In addition, careful husbandry of our remaining antibiotics is essential to prolong their usefulness and that means avoiding unnecessary use such as when physicians prescribe antibacterial drugs for colds caused by viruses.

A final consideration is that antibiotic therapy can fail in the long-term not only because of classical mechanisms of drug resistance but also because of phenomena called “persistence” or “tolerance”. The mechanisms causing these phenomena are changes in microbes that allow them to survive antibiotic therapy without genetic mutations such as alterations in metabolic activity. These so-called “persister” cells can serve as future sources of mutations that confer drug resistance. One possible approach to killing persister bacteria combines an antibiotic with another drug intended to activate cellular metabolism.

Physicians, academic researchers, pharmaceutical companies, funding organizations, and the public need to recognize the importance of pursuing these other interventions along with finding new antibiotics. To effectively combat drug resistance we need an eclectic strategy that emphasizes therapeutic approaches deploying both new drugs and other new means to eliminate microbes.

Text 2 human translation

Αποψη: Χρειαζόμαστε περισσότερα από νέα αντιβιοτικά για την καταπολέμηση της ανθεκτικότητας

Θα χρειαστούν μεταβολικοί διαταράκτες, φάγοι, καθώς και άλλες προσεγγίσεις για τη θεραπεία του πιθανώς πιο ευρέος φάσματος ασθενών που έχουν μολυνθεί από παθογόνα βακτηρίδια ανθεκτικά σε πολλαπλά φάρμακα.

Το καλοκαίρι του 1924, ο Calvin Jr., ο νεότερος γιος του προέδρου Coolidge, εμφάνισε μια φυσαλίδα στο τρίτο δάχτυλο του δεξιού του ποδιού παίζοντας τένις στο γήπεδο του Λευκού Οίκου. Η φυσαλίδα μολύνθηκε με *χρυσίζων σταφυλόκοκκο* (staph) και πέθανε μία εβδομάδα αργότερα, ενώ ήταν μόλις 16 ετών. Δύο δεκαετίες αργότερα, η πενικιλίνη θα μπορούσε να τον είχε σώσει, αλλά το συγκεκριμένο φάρμακο είναι πλέον άχρηστο ενάντια στο σταφυλόκοκκο εξαιτίας της ανθεκτικότητας των φαρμάκων, η οποία έχει μετατραπεί πια σε μία πιο ευρεία κρίση στο χώρο της ιατρικής.

Φυσικά υπάρχει μια συνεχής αναζήτηση για καινούρια ασφαλή και αποτελεσματικά αντιβιοτικά, αλλά είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν παράγοντες. Δυστυχώς, ακόμα και μετά την εισαγωγή των νέων αντιβιοτικών, αυξάνεται αναπόφευκτα και η ανθεκτικότητα μέσω της εξέλιξης των στοχοποιημένων βακτηριδίων από μήνες σε χρόνια. Ενώ υποστηρίζουμε τις συνεχείς προσπάθειες για τη δημιουργία νέων αντιβιοτικών, σκεφτήκαμε ότι θα ήταν έγκαιρη η επανεξέταση άλλων θεραπευτικών προσεγγίσεων πέρα από τα αντιβιοτικά που διερευνούνται.

Μία στρατηγική εκμεταλλεύεται τη δυνατότητα μερικών φαρμάκων να ενισχύουν τις επιδράσεις ενός συγκεκριμένου αντιβιοτικού και να επιτρέπουν τη χρήση μικρότερων δόσεων των αντιβιοτικών, μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τους κινδύνους για ανεπιθύμητες παρενέργειες. Για παράδειγμα, σε πειράματα τόσο *in vitro* όσο και *in vivo* μερικά αντιβιοτικά είναι πιο αποτελεσματικά όταν συνδυάζονται με μία προανθοκυανιδίνη, από κράνμπερι, όπου και τα δύο ενισχύουν την είσοδο των αντιβιοτικών στα κύτταρα των βακτηριδίων και μειώνουν την εξαγωγή του αντιβιοτικού από εκείνα τα κύτταρα.

Η ανθρώπινη μικροβιακή οικολογία αποτελεί ακόμα ένα πολύ σημαντικό παράγοντα για τη θεραπεία των βακτηριακών λοιμώξεων. Τα μικρόβια που βρίσκονται συνήθως στο γαστρεντερικό σωλήνα, στο δέρμα και οπουδήποτε αλλού μέσα ή πάνω στο ανθρώπινο σώμα, μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την ανθρώπινη φυσιολογία. Ομοίως, η σύνθεση των φυσιολογικών μικροβιακών πληθυσμών που σχετίζονται με τα ανθρώπινα όντα μπορούν να επηρεάσουν τους κινδύνους μόλυνσης από επικίνδυνα βακτηρίδια, είτε διαθέτουν πολλαπλούς μηχανισμούς ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά, είτε όχι. Ένα παράδειγμα της επιρροής του μικροβιώματος στον κίνδυνο μόλυνσης είναι η εμφανής αποτελεσματικότητα των μεταμοσχεύσεων κοπρανώδους μικροβιώματος για συγκεκριμένες γαστρεντερικές λοιμώξεις, όπως εκείνες που προκαλούνται από το βακτηρίδιο *Clostridium difficile*.

Περισσότερο από έναν αιώνα πριν, οι μικροβιολόγοι ανακάλυψαν ιούς, γνωστούς ως βακτηριοφάγους, που σκότωναν τα βακτηρίδια. Η εκμετάλλευση αυτών των φυσικών παρασίτων των μικροβίων ως αντιβακτηριδιακή θεραπεία ξεκίνησε σύντομα έκτοτε. Ενώ, το ενδιαφέρον γι' αυτήν την προσέγγιση μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ μετά την εισαγωγή των αντιβιοτικών στα μέσα του 20^{ου} αιώνα, πλέον έχει ξαναζωντανέψει το ενδιαφέρον όσον αφορά τη χρήση βακτηριοφάγων για τη θεραπεία βακτηριακών λοιμώξεων. Πρόσφατα, έχουν παρουσιαστεί πολλές περιπτώσεις για τις οποίες η φαγοθεραπεία επέφερε ουσιώδες κλινικό όφελος σε μία ποικιλία σοβαρών λοιμώξεων. Τα ένζυμα που προέρχονται από φάγους και άλλα μικρόβια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για θεραπεία, πράγμα που αντηχεί στις πρώιμες προσπάθειες του θρυλικού Rene Dubos να θεραπεύσει την πνευμονία σε μαϊμούδες με ένα ένζυμο, το οποίο χώνευε το βακτηριδιακό τοίχωμα.

Το ανοσοποιητικό σύστημα παρέχει μια επιπλέον πιθανή πηγή αντιμικροβιακών παραγόντων. Τα αντισώματα, πρωτεΐνες που παράγονται από τα λευκοκύτταρα γνωστές ως Β λεμφοκύτταρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη φυσική τους μορφή ή τροποποιημένα με τη χρήση γενετικών ή χημικών μεθόδων. Κατά τις εποχές πριν την εμφάνιση των αντιβιοτικών, πολλές λοιμώδης ασθένειες θεραπεύονταν με αντισώματα σε μορφή οροθεραπείας. Για ορισμένα παθογόνα, μπορεί να έχει νόημα η έρευνα ως προς το συσχετισμό δημιουργίας νέων εμβολίων.

Μέχρι να είναι διαθέσιμες αυτές οι νέες εναλλακτικές, πρέπει να διπλασιάσουμε τις προσπάθειές μας για την ενδυνάμωση των διαδικασιών ελέγχου των λοιμώξεων στα νοσοκομεία, έτσι ώστε να μειωθεί η εξάπλωση των ανθεκτικών μικροβίων. Επιπλέον, είναι απαραίτητη η προσεκτική συντήρηση των εναπομεινάντων αντιβιοτικών μας για την παράταση της χρησιμότητάς τους, πράγμα που σημαίνει την αποφυγή της περιττής χρήσης, όπως για παράδειγμα όταν οι γιατροί συνταγογραφούν αντιβακτηριδιακά φάρμακα για κρυολογήματα που προκλήθηκαν από ιούς.

Μια τελική σκέψη είναι, επίσης, ότι η θεραπεία με αντιβιοτικά μπορεί να αποτύχει μακροπρόθεσμα όχι μόνο λόγω των κλασικών μηχανισμών ανθεκτικότητας στα φάρμακα, αλλά επίσης λόγω των φαινομένων που ονομάζονται «επιμονή» ή «ανοχή». Οι μηχανισμοί που προκαλούν αυτά τα φαινόμενα είναι αλλαγές στα μικρόβια που τους επιτρέπουν να επιβιώνουν από τη θεραπεία με αντιβιοτικά χωρίς γενετικές μεταλλάξεις, όπως είναι οι τροποποιήσεις στη μεταβολική δραστηριότητα. Αυτά τα υποτιθέμενα «επίμονα» κύτταρα μπορούν να εξυπηρετήσουν ως μελλοντικές πηγές μεταλλάξεων που θα παρέχουν ανθεκτικότητα στα φάρμακα. Μια πιθανή προσέγγιση για το θάνατο των επίμονων βακτηριδίων συνδυάζει ένα αντιβιοτικό με ένα άλλο φάρμακο με σκοπό την ενεργοποίηση του κυτταρικού μεταβολισμού.

Οι γιατροί, οι ακαδημαϊκοί ερευνητές, οι φαρμακευτικές εταιρίες, οι χρηματοδοτικοί οργανισμοί και το κοινό πρέπει να αναγνωρίσουν τη σημασία της έρευνας αυτών των άλλων παρεμβάσεων παράλληλα με την εύρεση νέων αντιβιοτικών. Για την αποτελεσματική καταπολέμηση της ανθεκτικότητας στα φάρμακα χρειαζόμαστε μια ετερόκλητη στρατηγική που δίνει έμφαση σε θεραπευτικές προσεγγίσεις, αξιοποιώντας τόσο τα καινούρια φάρμακα όσο και άλλα νέα μέσα για την εξάλειψη των μικροβίων.

Text 2 Google Translate

Γνωμοδότηση: Χρειαζόμαστε περισσότερα από τα νέα αντιβιοτικά για να καταπολεμήσουμε την αντίσταση

Θα χρειασθούν μεταβολικοί αναστολείς, φάγοι και άλλες προσεγγίσεις για τη θεραπεία της ευρύτερης δυνατής περιοχής ασθενών που έχουν προσβληθεί από βακτηριακά παθογόνα ανθεκτικά σε πολλαπλά φάρμακα.

Το καλοκαίρι του 1924, ο μικρότερος γιος του Προέδρου Coolidge, Calvin Jr., ανέπτυξε μια κυψέλη στο τρίτο δεξί του toe ενώ παίζει τένις στο δικαστήριο του Λευκού Οίκου. Η κυψέλη μολύνθηκε με *Staphylococcus aureus* (staph), και πέθανε μια εβδομάδα αργότερα, μόλις 16 ετών. Δύο δεκαετίες αργότερα, η πενικιλίνη θα μπορούσε να τον είχε σώσει, αλλά αυτό το φάρμακο είναι πλέον άχρηστο ενάντια στα σταφύλια λόγω της αντοχής στα φάρμακα, η οποία έχει πλέον γίνει μια ευρύτερη κρίση στην ιατρική.

Φυσικά, υπάρχει μια συνεχής αναζήτηση νέων ασφαλών και αποτελεσματικών αντιβιοτικών, αλλά οι παράγοντες είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν. Δυστυχώς, ακόμη και μετά την εισαγωγή ενός νέου αντιβιοτικού, η αντίσταση αναπόφευκτα αναπτύσσεται μέσω της εξέλιξης των στοχευόμενων βακτηριδίων σε μήνες έως χρόνια. Ενώ υποστηρίζουμε τις συνεχιζόμενες προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων αντιβιοτικών, θεωρήσαμε ότι θα ήταν έγκαιρη η επανεξέταση άλλων θεραπευτικών προσεγγίσεων πέραν των αντιβιοτικών που διερευνούνται.

Μία στρατηγική εκμεταλλεύεται την ικανότητα ορισμένων φαρμάκων να ενισχύουν τις επιδράσεις ενός συγκεκριμένου αντιβιοτικού και να επιτρέπουν τη χρήση μικρότερων δόσεων αντιβιοτικών, μειώνοντας έτσι τους κινδύνους για ανεπιθύμητες παρενέργειες. Για παράδειγμα, σε πειράματα *in vitro* και *in vivo* κάποια αντιβιοτικά είναι πιο αποτελεσματικά όταν συνδυάζονται με προανθοκυανιδίνη, από τα βακκίνια, που αυξάνουν τόσο την είσοδο των αντιβιοτικών στα βακτηριακά κύτταρα όσο και τη μείωση της εκροής αντιβιοτικών από αυτά τα κύτταρα.

Η ανθρώπινη μικροβιακή οικολογία είναι ένας άλλος παράγοντας μεγάλης σημασίας για τη θεραπεία βακτηριακών λοιμώξεων. Τα μικρόβια που υπάρχουν κανονικά στο γαστρεντερικό μας πεδίο, στο δέρμα και σε άλλα σημεία του ανθρώπινου σώματος έχουν σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη φυσιολογία. Ομοίως, η σύνθεση των φυσιολογικών μικροβιακών πληθυσμών που σχετίζονται με τα ανθρώπινα όντα μπορεί να επηρεάσει τους κινδύνους μόλυνσης από επικίνδυνα βακτήρια, είτε διαθέτουν πολλαπλούς μηχανισμούς αντίστασης στα αντιβιοτικά είτε όχι. Ένα παράδειγμα της επίδρασης του μικροβιακού για τον κίνδυνο μόλυνσης είναι η εμφανής αποτελεσματικότητα των μοσχευμάτων μικροβιοκτόνων κοπράνων για ορισμένες γαστρεντερικές λοιμώξεις, όπως αυτές που προκαλούνται από το *Clostridium difficile*.

Πάνω από έναν αιώνα πριν, οι μικροβιολόγοι ανακάλυψαν ιούς, γνωστούς ως βακτηριοφάγους, που σκότωσαν βακτήρια. Η εκμετάλλευση αυτών των φυσικών παρασίτων μικροβίων ως αντιβακτηριδιακή θεραπεία άρχισε σύντομα στη συνέχεια. Ενώ το ενδιαφέρον για αυτή την προσέγγιση εξαφανίστηκε σε μεγάλο βαθμό στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ μετά την εισαγωγή αντιβιοτικών στα μέσα του 20ου αιώνα, υπάρχει τώρα ένα ανανεωμένο ενδιαφέρον για τη χρήση βακτηριοφάγων για τη θεραπεία βακτηριακών λοιμώξεων. Πρόσφατα, έχουν αναφερθεί αρκετές περιπτώσεις για τις οποίες η θεραπεία φάγων παρήγαγε σημαντικό κλινικό όφελος σε μια ποικιλία σοβαρών λοιμώξεων. Τα ένζυμα που προέρχονται από φάγους και άλλα μικρόβια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στη θεραπεία, αντανακλώντας τις πρώιμες προσπάθειες του θρυλικού Rene Dubos για τη θεραπεία της πνευμονίας σε πιθήκους με ένα ένζυμο που αφορούσε τη βακτηριακή επικάλυψη.

Το ανοσοποιητικό σύστημα παρέχει μια πρόσθετη πιθανή πηγή αντιμικροβιακών παραγόντων. Αντισώματα, πρωτεΐνες που παράγονται από λευκά αιμοσφαίρια γνωστά ως B λεμφοκύτταρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη φυσική τους μορφή ή να τροποποιηθούν χρησιμοποιώντας γενετικές ή χημικές μεθόδους. Τις ημέρες πριν από την χορήγηση αντιβιοτικών, πολλές μολυσματικές ασθένειες αντιμετωπίστηκαν με αντισώματα υπό τη μορφή θεραπείας ορού. Για ορισμένα παθογόνα, μπορεί επίσης να έχει νόημα να διερευνηθεί η συνάφεια της ανάπτυξης νέων εμβολίων.

Μέχρι να είναι διαθέσιμες αυτές οι νέες επιλογές, πρέπει να διπλασιάσουμε τις προσπάθειές μας για την ενίσχυση των διαδικασιών ελέγχου των μολύνσεων στα νοσοκομεία για να μειώσουμε την εξάπλωση των ανθεκτικών μικροβίων. Επιπλέον, η προσεκτική κτηνοτροφία των εναπομενόντων αντιβιοτικών είναι απαραίτητη για την παράταση της χρησιμότητάς τους και αυτό σημαίνει αποφυγή περιττής χρήσης, όπως όταν οι γιατροί συνταγογραφούν αντιβακτηριακά φάρμακα για κρυολογήματα που προκαλούνται από ιούς.

Μια τελική εκτίμηση είναι ότι η θεραπεία με αντιβιοτικά μπορεί μακροπρόθεσμα να αποτύχει όχι μόνο λόγω των κλασικών μηχανισμών αντοχής στα φάρμακα, αλλά και λόγω των φαινομένων που ονομάζονται «επιμονή» ή «ανοχή». Οι μηχανισμοί που προκαλούν αυτά τα φαινόμενα είναι μεταβολές στα μικρόβια που τους επιτρέπουν να επιβιώσουν στην αντιβιοτική θεραπεία χωρίς γενετικές μεταλλάξεις, όπως μεταβολές στη μεταβολική δραστηριότητα. Αυτά τα λεγόμενα κύτταρα "persister" μπορούν να χρησιμεύσουν ως μελλοντικές πηγές μεταλλάξεων που προσδίδουν αντίσταση στα φάρμακα. Μια πιθανή προσέγγιση για τη θανάτωση των βακτηρίων persister συνδυάζει ένα αντιβιοτικό με ένα άλλο φάρμακο που προορίζεται να ενεργοποιήσει τον κυτταρικό μεταβολισμό.

Οι γιατροί, οι ακαδημαϊκοί ερευνητές, οι φαρμακευτικές εταιρείες, οι χρηματοδοτικοί οργανισμοί και το κοινό πρέπει να αναγνωρίσουν τη σημασία της συνέχισης αυτών των άλλων παρεμβάσεων μαζί με την εξεύρεση νέων αντιβιοτικών. Για την αποτελεσματική καταπολέμηση της αντίστασης στα φάρμακα χρειαζόμαστε μια εκλεκτική στρατηγική που δίνει έμφαση στις θεραπευτικές προσεγγίσεις που αναπτύσσουν τόσο νέα φάρμακα όσο και άλλα νέα μέσα για την εξάλειψη των μικροβίων.

Text 2 PNMT

Γνωμοδότηση: Χρειαζόμαστε περισσότερα από νέα αντιβιοτικά για την καταπολέμηση της ανθεκτικότητας

Μεταβολικοί διαταράκτες, φάσεις και άλλες προσεγγίσεις θα είναι απαραίτητες για τη θεραπεία του ευρύτερου δυνατού εύρους ασθενών που έχουν μολυνθεί από βακτηριακά παθογόνα ανθεκτικά σε πολλαπλά φάρμακα.

Το καλοκαίρι του 1924, ο Κάλβιν Τζ., ο νεότερος γιος του Προέδρου Κολίτζ, ανέπτυξε ένα blister στο τρίτο δεξί του δάχτυλο, ενώ έπαιζε τένις στο δικαστήριο του Λευκού Οίκου. Η κυψέλη μολύνθηκε από *Staphylococcus aureus* (staph), και πέθανε μια εβδομάδα αργότερα σε ηλικία μόλις 16 ετών. Δύο δεκαετίες αργότερα, η πενικιλίνη θα μπορούσε να τον είχε σώσει, αλλά αυτό το φάρμακο είναι πλέον άχρηστο κατά των ναρκωτικών λόγω της αντίστασης στα ναρκωτικά, η οποία έχει πλέον καταστεί μια ευρύτερη κρίση στην ιατρική.

Φυσικά, υπάρχει μια συνεχής αναζήτηση για νέα ασφαλή και αποτελεσματικά αντιβιοτικά, αλλά οι παράγοντες είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν. Δυστυχώς, ακόμη και μετά την εισαγωγή ενός νέου αντιβιοτικού, η αντοχή αναπτύσσεται αναπόφευκτα μέσω της εξέλιξης των στοχευόμενων βακτηρίων σε μήνες με χρόνια. Ενώ υποστηρίζουμε τις συνεχιζόμενες προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων αντιβιοτικών, θεωρήσαμε ότι θα ήταν επίκαιρο να αναθεωρήσουμε άλλες θεραπευτικές προσεγγίσεις πέρα από τα αντιβιοτικά που διερευνώνται.

Μια στρατηγική αξιοποιεί την ικανότητα ορισμένων φαρμάκων να ενισχύουν τις επιπτώσεις ενός συγκεκριμένου αντιβιοτικού και να επιτρέπουν τη χρήση μικρότερων δόσεων αντιβιοτικών, μειώνοντας έτσι τους κινδύνους για ανεπιθύμητες παρενέργειες. Για παράδειγμα, σε πειράματα *in vitro* και *in vivo*, ορισμένα αντιβιοτικά είναι πιο αποτελεσματικά όταν συνδυάζονται με προανθοκυανιδίνη, από

μύρτιλλα, που και τα δύο αυξάνουν την είσοδο αντιβιοτικών στα βακτηριακά κύτταρα και μειώνουν την εκροή αντιβιοτικών από αυτά τα κύτταρα.

Η ανθρώπινη μικροβιακή οικολογία είναι ένας άλλος παράγοντας μεγάλης σημασίας για τη θεραπεία βακτηριακών λοιμώξεων. Τα μικρόβια που συνήθως βρίσκονται στο γαστρεντερικό σωλήνα, στο δέρμα και αλλού μέσα ή πάνω στο ανθρώπινο σώμα έχουν σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη φυσιολογία. Ομοίως, η σύνθεση των φυσιολογικών μικροβιακών πληθυσμών που συνδέονται με τον άνθρωπο μπορεί να επηρεάσει τους κινδύνους μόλυνσης από επικίνδυνα βακτήρια, είτε διαθέτουν πολλαπλούς μηχανισμούς ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά είτε όχι. Ένα παράδειγμα της επίδρασης του μικροβιώματος στον κίνδυνο λοίμωξης είναι η εμφανής αποτελεσματικότητα των μεταμοσχεύσεων μικροβιωμάτων κοπράνων για ορισμένες γαστρεντερικές λοιμώξεις, όπως αυτές που προκαλούνται από το *Clostridium difficile*.

Πριν από περισσότερο από έναν αιώνα, μικροβιολόγοι ανακάλυψαν ιούς, γνωστούς ως βακτηριοφάγοι, που σκότωσαν βακτήρια. Η εκμετάλλευση αυτών των φυσικών παρασίτων των μικροβίων ως αντιβακτηριακή θεραπεία άρχισε σύντομα μετά. Αν και το ενδιαφέρον για την προσέγγιση αυτή μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό στην Ευρώπη και τις "ΠΑ μετά την εισαγωγή αντιβιοτικών στα μέσα του 20ού αιώνα, υπάρχει πλέον ανανεωμένο ενδιαφέρον για τη χρήση βακτηριοφαγών για τη θεραπεία βακτηριακών λοιμώξεων. Πρόσφατα, έχουν αναφερθεί αρκετές περιπτώσεις για τις οποίες η θεραπεία φάσης επέφερε σημαντικό κλινικό όφελος σε διάφορες σοβαρές λοιμώξεις. Ένζυμα που προέρχονται από φάγες και άλλα μικρόβια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στη θεραπεία, απηχώντας τις πρώιμες προσπάθειες του θρυλικού Rene Dubos για τη θεραπεία της πνευμονίας σε πιθήκους με ένα ένζυμο που χώνεψε το βακτηριακό τρίχωμα.

Το ανοσοποιητικό σύστημα παρέχει μια πρόσθετη πιθανή πηγή αντιμικροβιακών παραγόντων. Τα αντισώματα, οι πρωτεΐνες που παράγονται από λευκά αιμοσφαίρια γνωστά ως λεμφοκύτταρα Β μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη φυσική τους μορφή ή να τροποποιηθούν χρησιμοποιώντας γενετικές ή χημικές μεθόδους. Τις ημέρες πριν από τη χορήγηση αντιβιοτικών, πολλές λοιμώδεις ασθένειες αντιμετωπίστηκαν με αντισώματα υπό μορφή θεραπείας με ορό. Για ορισμένα παθογόνα, μπορεί επίσης να έχει νόημα να διερευνηθεί η σημασία της ανάπτυξης νέων εμβολίων.

Μέχρι να είναι διαθέσιμες αυτές οι νέες επιλογές, πρέπει να εντείνουμε τις προσπάθειές μας για την ενίσχυση των διαδικασιών ελέγχου των λοιμώξεων στα νοσοκομεία, προκειμένου να μειωθεί η εξάπλωση των ανθεκτικών μικροβίων. Επιπλέον, η προσεκτική εκτροφή των υπολοίπων αντιβιοτικών είναι απαραίτητη για την παράταση της χρησιμότητάς τους και αυτό σημαίνει την αποφυγή περιττής χρήσης όπως όταν οι ιατροί συνταγογραφούν αντιβακτηριακά φάρμακα για κρυολογήματα που προκαλούνται από ιούς.

Μια τελευταία σκέψη είναι ότι η αντιβιοτική θεραπεία μπορεί να αποτύχει μακροπρόθεσμα όχι μόνο λόγω των κλασικών μηχανισμών της ανθεκτικότητας στα φάρμακα αλλά και λόγω φαινομένων που ονομάζονται "εμμόνη" ή "ανοχή". Οι μηχανισμοί που προκαλούν αυτά τα φαινόμενα είναι αλλαγές στα μικρόβια που τους επιτρέπουν να επιβιώσουν της αντιβιοτικής θεραπείας χωρίς γενετικές μεταλλάξεις,

όπως μεταβολές στη μεταβολική δραστηριότητα. Αυτά τα λεγόμενα "περαδελφικά" κύτταρα μπορούν να χρησιμεύσουν ως μελλοντικές πηγές μεταλλάξεων που παρέχουν φαρμακευτική αντοχή. Μια πιθανή προσέγγιση για τη θανάτωση των βακτηρίων της περσικής φυλής συνδυάζει ένα αντιβιοτικό με ένα άλλο φάρμακο που αποσκοπεί στην ενεργοποίηση του κυτταρικού μεταβολισμού.

Ιατροί, ακαδημαϊκοί ερευνητές, φαρμακευτικές εταιρείες, χρηματοδοτικοί οργανισμοί και το κοινό πρέπει να αναγνωρίσουν τη σημασία της συνέχισης αυτών των άλλων παρεμβάσεων, καθώς και της εξεύρεσης νέων αντιβιοτικών. Για την αποτελεσματική καταπολέμηση της ανθεκτικότητας στα ναρκωτικά χρειαζόμαστε μια εκκλησιαστική στρατηγική που θα δίνει έμφαση στις θεραπευτικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν τόσο νέα φάρμακα όσο και άλλα νέα μέσα για την εξάλειψη των μικροβίων.

