

ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

---

PANTEION UNIVERSITY OF SOCIAL AND POLITICAL SCIENCES



ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ»

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ

Η αντίληψη του χρόνου ως τρόπος μέτρησης του νοητικού φόρτου στον  
Έλεγχο Εναέριας Κυκλοφορίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανδρέας Ψαρράκης

Αθήνα, 2023

Τριμελής επιτροπή

Βατάκη Αργυρώ, Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Ψυχολογίας του Παντείου Πανεπιστημίου

Σαμαρτζή Σταυρούλα, Καθηγήτρια του Τμήματος Ψυχολογίας του Παντείου Πανεπιστημίου

Φωτιάδης Φώτιος, Εργαστηριακό και Διδακτικό προσωπικό του Τμήματος Ψυχολογίας του Παντείου Πανεπιστημίου



Copyright © Ανδρέας Ψαρράκης, 2023

All rights reserved. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της διπλωματικής εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Πάντειον Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών επιστημών δεν δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

*Στην σύζυγό μου, Τζωρτζίνα,  
και στον γιο μου Κωνσταντίνο, που μου δίδαξαν  
να αντιλαμβάνομαι τον χρόνο διαφορετικά.*

## Ευχαριστίες

Η διπλωματική εργασία δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς την υποστήριξη και κατεύθυνση της κ. Βατάκη, η οποία με άμεσο και αποτελεσματικό τρόπο ήταν πάντα παρούσα για την άρση οποιουδήποτε εμποδίου. Η εμπειρία της φάνηκε πολύτιμη, ιδιαίτερα εν μέσω της περιόδου των υγειονομικών περιορισμών που πραγματοποιήθηκε το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, περίοδος όπου η ακαδημαϊκή και ερευνητική δραστηριότητα κλήθηκε να αντιμετωπίσει ιδιαίτερες προκλήσεις.

Σημαντική ήταν η συνεισφορά των μελετητών του εργαστηρίου της, όπως επίσης ευεργετική ήταν και η παροχή εξεζητημένου τεχνολογικού εξοπλισμού από την ίδια για την εκτέλεση μετρήσεων φυσιολογίας στους συμμετέχοντες του πειράματος. Ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στην ερευνήτρια του εργαστηρίου και υποψήφια διδάκτορα Βίκυ Καραδήμα, η οποία συνέδραμε στην απλοποίηση του πειραματικού σχεδιασμού και στην στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Παράλληλα, ευχαριστώ τους συναδέλφους μου ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας καθώς και το ιπτάμενο προσωπικό του αεροδρομίου, οι οποίοι συμμετείχαν με προθυμία στην ερευνητική διαδικασία, ακολουθώντας πιστά τις οδηγίες που τους παρασχέθηκαν. Ευχαριστώ, επίσης, τους συμφοιτητές μου για την ψυχολογική υποστήριξη, την ανταλλαγή απόψεων και πληροφοριών, την εμπύχωση και το βοηθητικό πλαίσιο που παρείχαν κατά την διάρκεια των ακαδημαϊκών ετών.

Κλείνοντας, ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου, οι οποίοι πολλές φορές στερήθηκαν την παρουσία μου, ενώ τέλος οφείλω ένα γενναίο ευχαριστώ στην σύζυγό μου, Τζωρτζίνα, η οποία πίστεψε στο όνειρο μου, με εμπιστεύτηκε και με υποστήριξε στην ολοκλήρωση αυτού του εκπαιδευτικού μου σταδίου.

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	9
Νοητικός φόρτος.....	9
Ενιαίο Μοντέλο Προσοχής.....	10
Θεωρία Πολλαπλών Πόρων.....	10
Τρόποι μέτρησης νοητικού φόρτου.....	11
Αντίληψη του χρόνου.....	15
Έλεγχος Εναέριας Κυκλοφορίας.....	19
Μέθοδος .....	23
Δείγμα.....	23
Υλικό.....	23
Σχεδιασμός.....	24
Διαδικασία.....	26
Αποτελέσματα.....	27
Συζήτηση.....	30
Συμπεράσματα.....	30
Περιορισμοί.....	33
Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	34
Βιβλιογραφία.....	35
Παράρτημα.....	41

## **Πίνακες**

Πίνακας 1. Σχεδιασμός συνθηκών .....	24
Πίνακας 2. Συσχετίσεις κλίμακας NASA-TLX και μέσων όρων ακρίβειας παραγωγής χρονικών διαστημάτων .....	28
Πίνακας 3. Σύγκριση εντός υποκειμένων .....	30

## **Γραφήματα**

Γράφημα 1. Τα στάδια της Θεωρίας Κλιμακωτού Χρονισμού.....	16
--	----

## Περίληψη

Οι Ελεγκτές Εναέριας Κυκλοφορίας εκτελούν ένα απαιτητικό γνωστικά επάγγελμα, στο οποίο καλούνται να διευκολύνουν τη ναυτιλία των ιπτάμενων μέσων, να εξασφαλίσουν την ασφάλεια της πτήσης τους και να συνδράμουν σε περίπτωση ανάγκης. Η εκτέλεση αυτού του έργου συχνά συνοδεύεται από υψηλό νοητικό φόρτο, ο οποίος πρέπει να διατηρείται σε τέτοια επίπεδα ώστε να μην υπάρχει πτώση στην απόδοση των εργαζομένων. Ένας τρόπος μέτρησης του νοητικού φόρτου ενός έργου είναι η ταυτόχρονη εκτέλεση ενός χρονικού έργου και η αξιολόγηση της απόδοσης του ατόμου σε αυτό. Η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε για να ελέγξει, αν πράγματι η χρονική αντίληψη των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας αποτελεί μια μετρική για το νοητικό φόρτο στο έργο ελέγχου που εκτελούν. Πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα σε Πύργο Ελέγχου ελληνικού αεροδρομίου, με την συμμετοχή 12 Ελεγκτών Εναέριας Κυκλοφορίας. Στο πείραμα έγινε χειρισμός του νοητικού φόρτου με την ομιλία των ελεγκτών στα ιπτάμενα μέσα σε μη μητρική γλώσσα και με την αύξηση του αριθμού των υπό έλεγχο ελικοπτέρων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση του νοητικού φόρτου στο έργο εναέριας κυκλοφορίας οδηγεί σε υπερπαραγωγή χρονικών διαστημάτων. Κατ'επέκταση η χρονική αντίληψη των ελεγκτών θα μπορούσε να εντοπίζει αλλαγές στον νοητικό φόρτο κατά την ταυτόχρονη εκτέλεση του έργου ελέγχου. Περιορισμοί σε μεθοδολογικό επίπεδο καταλήγουν σε προτάσεις για μια περισσότερο ενδελεχή μελέτη της έννοιας του νοητικού φόρτου στο συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο.

*Λέξεις-κλειδιά: έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας, νοητικός φόρτος, χρονική αντίληψη, έργο, χρονική παραγωγή*

# **Time perception as a way of measuring mental workload in Air Traffic Control**

Andreas Psarrakis

## **Abstract**

Air Traffic Controllers perform a cognitively demanding profession, in which they are called to facilitate the navigation of aircraft, ensure the safety of their flight, and aid in case of an emergency. This task frequently involves a heavy mental workload, which must be maintained at functional levels to prevent a decline in employee performance. One way to measure the mental workload of a task is to simultaneously perform a time production task and assess the individual's performance on it. This study was conducted to determine whether the air traffic controllers' perception of time is a reliable indicator of their mental workload throughout the task they execute in air traffic control. In the experiment, mental workload was manipulated by having the controllers speak in a non-native language and by increasing the number of helicopters under control. The results showed that the increase in mental workload in the air traffic task leads to an overproduction of time intervals. It is demonstrated that controllers' temporal perception could detect changes in mental workload while simultaneously performing a task in air traffic control. Methodological limitations lead to recommendations for a more thorough study of the concept of mental workload in the specific research field.

*Keywords: air traffic control, mental workload, temporal perception, time production task*



## Εισαγωγή

Ο έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας τείνει να γίνεται όλο και πιο σύνθετος, με όλο και μεγαλύτερο στόλο αεροσκαφών στον αέρα, παρόλη την παροδική μείωση που επέφερε η πανδημία του COVID-19 (Maeng & Itoh, 2021). Ως εκ τούτου αυξάνεται και η επιβάρυνση για το προσωπικό που εμπλέκεται σε αυτόν, και σαφώς των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας. Είναι ξεκάθαρο πως η εργασία του ελεγκτή εναέριας κυκλοφορίας είναι πολύ απαιτητική γνωστικά, καθώς κύρια αποστολή του είναι να προλαμβάνει πιθανές συγκρούσεις, να διατηρεί τον διαχωρισμό των αεροσκαφών και να ρυθμίζει την εναέρια κυκλοφορία, ώστε αυτή να διεξάγεται με γρήγορο και ασφαλή τρόπο (π.χ. Parasuraman κ.α., 2000). Συγκεκριμένα, όλα αυτά τα έργα απαιτούν γνωστικούς πόρους για τον συνεχή οπτικό έλεγχο του περιβάλλοντος, την επεξεργασία των πληροφοριών και την λήψη αποφάσεων. Ο έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας είναι μια πολύ σύνθετη διαδικασία που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις ανθρώπινες δυνατότητες. Ο σχεδιασμός σύγχρονων και αξιόπιστων συστημάτων στην αεροναυτιλία απαιτεί την καλύτερη κατανόηση του ανθρώπινου παράγοντα και για αυτό, κρίνεται απαραίτητη η μέτρηση και αξιολόγηση των γνωστικών διεργασιών που συνοδεύουν τα εκάστοτε έργα στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας (Aricò κ.α., 2017).

### Νοητικός φόρτος

Μια έννοια που ξεχωρίζει στο πεδίο της μελέτης των γνωστικών διεργασιών είναι ο νοητικός φόρτος, ο οποίος μολονότι δεν χαίρει ενός απόλυτα αποδεκτού ορισμού από την επιστημονική κοινότητα (Aricò κ.α., 2017·Eggemeier κ.α., 2020·Gopher & Donchin, 1986), χαρακτηρίζεται συνήθως ως η σχέση μεταξύ των γνωστικών πόρων που απαιτεί μια εργασία και της διαθεσιμότητας αυτών από τον άνθρωπο που την εκτελεί (Parasuraman κ.α., 2008). Οι γνωστικοί αυτοί πόροι σχετίζονται με την προσοχή, την μνήμη, τον σχεδιασμό και την λήψη απόφασης (Tsang & Vidulich, 2006). Με άλλα λόγια, το άτομο για να εκτελέσει μια εργασία χρειάζεται γνωστικούς πόρους ή γνωστική επάρκεια, τα οποία όμως πολλές φορές δεν είναι διαθέσιμα στον απαιτούμενο βαθμό και έτσι δεν εκτελεί την εργασία ικανοποιητικά. Εμπίπτει δηλαδή σε λάθη, που σε επαγγέλματα όπως ο έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας είναι κρίσιμα και θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές (Lin, 2021).

**Ενιαίο Μοντέλο Προσοχής.** Ένας από τους πρώτους ερευνητές που ασχολήθηκε με την έννοια του νοητικού φόρτου ήταν ο Kahneman (1973), ο οποίος πρότεινε ένα ενιαίο μοντέλο για την προσοχή, σύμφωνα με το οποίο οι γνωστικοί πόροι είναι πεπερασμένοι και χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα για τα διάφορα έργα που εκτελεί το άτομο. Αυτό το μοντέλο προβλέπει, πως όταν η ζήτηση γνωστικών πόρων που σχετίζονται με την προσοχή αυξάνεται, τότε η απόδοση του ατόμου σε ένα συγκεκριμένο έργο θα φθίνει. Ωστόσο, αρκετά πειραματικά ευρήματα υποστηρίζουν πως κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, η εκτέλεση δύο έργων μπορεί να απαιτεί και ξεχωριστούς νοητικούς πόρους, κάτι που δεν εξηγείται από το μοντέλο του Kahneman (Kantowitz & Knight, 1976· Johnson & Proctor, 2004· Schumacher κ.α., 2001). Αυτή η διαπίστωση οδήγησε στην ανάπτυξη της Θεωρίας Πολλαπλών Πόρων.

**Θεωρία Πολλαπλών Πόρων.** Αναπτυγμένη από τον Wickens (1980), η Θεωρία Πολλαπλών Πόρων είναι από τις θεωρίες με την μεγαλύτερη επιρροή στην εξήγηση της ανθρώπινης απόδοσης σε συνθήκες υψηλού φόρτου. Η επιτυχία της βασίζεται στην νευροφυσιολογική της εγκυρότητα, μιας και οι διάφορες διαστάσεις επεξεργασίας πληροφοριών που προτείνει η θεωρία συνδέονται με συγκεκριμένες εγκεφαλικές δομές, ενώ ταυτόχρονα παρέχει κάποια πρότυπα στους σχεδιαστές συσκευών ή λογισμικών (Wickens, 2008).

Ο Wickens (1980) αναγνώρισε τέσσερις διαστάσεις, η καθεμία με δύο διαφορετικά επίπεδα. Η πρώτη διάσταση αναφέρεται στο επίπεδο επεξεργασίας των πληροφοριών και υποστηρίζει πως οι πόροι που ασχολούνται με την αντιληπτική-γνωστική δραστηριότητα είναι διαφορετικοί από αυτούς που σχετίζονται με τις διαδικασίες της απόκρισης (Wickens, 1991). Για παράδειγμα, ένα έργο που απαιτεί ανάγνωση μιας οθόνης ή την κατανόηση φωνής, μπορεί να εκτελείται ταυτόχρονα επαρκώς, και με ένα άλλο έργο που απαιτεί την ενεργοποίηση ενός διακόπτη ή το πάτημα ενός πλήκτρου (Wickens & Liu, 1988). Ή, όπως συμβαίνει στα εμπορικά αεροπλάνα, ένας πιλότος μπορεί να ακούει τις οδηγίες του ελεγκτή εναέριας κυκλοφορίας και να ταυτόχρονα, να ρυθμίζει και να αναγνωρίζει μια συχνότητα σε ένα όργανο στο πιλοτήριο. Η δεύτερη διάσταση αναφέρεται στους γνωστικούς πόρους που απαιτούνται για την επεξεργασία πληροφοριών σχετικών με τον χώρο και την φωνή, όπου κατά τον Wickens, αυτοί δεν μοιράζονται μιας και η επεξεργασία τους γίνεται σε διαφορετικά ημισφαίρια του εγκεφάλου. Αυτή η διχοτόμηση φαίνεται σε αντιληπτικό επίπεδο (γραφικά έναντι φωνής), σε γνωστικό επίπεδο (χωρική μνήμη εργασίας έναντι

μνήμης γλωσσικών πληροφοριών) και σε επίπεδο απόκρισης (χειροκίνητη απόκριση έναντι φωνητικής απόκρισης). Έτσι για παράδειγμα, βλέπουμε πως ένα πιλότος μπορεί με άνεση να χειρίζεται το τιμόνι στο πιλοτήριο και ταυτόχρονα να απαντά φωνητικά σε μια οδηγία του συγκυβερνήτη του. Η τρίτη διάσταση αναφέρεται στην διαφορά επεξεργασίας ερεθισμάτων από την οπτική και την ακουστική τροπικότητα, ωστόσο αυτή αμφισβητείται από αρκετούς ερευνητές. Για παράδειγμα οι Wickens και Liu (1988) βρήκαν πως η απόδοση σε ένα οπτικό έργο φθίνει περισσότερο με την εκτέλεση ενός ταυτόχρονου ακουστικού έργου σε σχέση με την ταυτόχρονη εκτέλεση ενός οπτικού έργου. Ο Latorella (1999) βρήκε σε μελέτη του πως κατά την διάρκεια ενός οπτικού έργου, οι ακουστικές παρεμβολές ήταν πιο διαταρακτικές σε σχέση με αντίστοιχες οπτικές. Τέλος, οι Morris και Leung (2006) κατέγραψαν ότι οι πιλότοι συχνά διακόπτουν την ανάγνωση μιας λίστας ενεργειών για να απαντήσουν σε μια φωνητική οδηγία. Η πρόσφατη προσθήκη στο μοντέλο, η τέταρτη διάσταση, σχετίζεται με την επεξεργασία ερεθισμάτων από το εστιακό ή περιφερειακό οπτικό κανάλι. Η εστιακή όραση απαιτείται για την αναγνώριση αντικειμένων ή σχημάτων, ενώ η περιφερειακή όραση σχετίζεται με τον προσανατολισμό και την αντίληψη της κίνησης του εαυτού.

Παρόλες τις διαφωνίες, η Θεωρία Πολλαπλών Πόρων έχει λάβει υποστήριξη από τους ερευνητές που εξετάζουν την απόδοση σε διπλά έργα, και στον αεροπορικό τομέα χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό οργάνων στο πιλοτήριο (Wickens & Colcombe, 2007).

**Τρόποι μέτρησης νοητικού φόρτου.** Καθώς ο νοητικός φόρτος δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμος, έχουν αναπτυχθεί τρεις κατηγορίες μετρήσεων που μας βοηθούν να τον εξάγουμε (Tsang & Vidulich, 2006).

Η πρώτη κατηγορία μετρήσεων αφορά στις φυσιολογικές μετρήσεις, όπου τα υψηλά επίπεδα φόρτου σχετίζονται με καρδιαγγειακές και αναπνευστικές μεταβολές, καθώς επίσης και με συγκεκριμένη εγκεφαλική δραστηριότητα (Meister & Gawron, 2010). Φαίνεται ότι τα υψηλά επίπεδα φόρτου επιφέρουν μειωμένη καρδιακή μεταβλητότητα, δηλαδή μικρότερες αλλαγές στον καρδιακό ρυθμό για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ενώ οδηγούν σε μεγαλύτερη διαστολή της κόρης του ματιού (Van Orden κ.α., 2001·Van Roon κ.α., 2004). Άλλες μετρήσεις φυσιολογίας περιλαμβάνουν την μεταβλητότητα της αρτηριακής πίεσης αλλά και της ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας (Cain, 2007). Ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της

κατηγορίας των μετρήσεων είναι ότι λαμβάνονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, απαιτούν, ωστόσο, εξειδικευμένο προσωπικό και τεχνικούς που πολλές φορές μπορεί να μην είναι διαθέσιμοι (Kramer, 2020).

Στην δεύτερη κατηγορία μετρήσεων ανήκουν οι υποκειμενικές μετρήσεις, όπου το άτομο καλείται συνήθως μετά το πέρας του έργου, να αξιολογήσει το γνωστικό φορτίο που απαιτήθηκε για την εκτέλεση του. Υπάρχουν διάφοροι τύποι υποκειμενικών μετρήσεων, με τους συμμετέχοντες να καλούνται να δηλώσουν κατά την εκτέλεση δύο έργων ποιο ήταν πιο απαιτητικό νοητικά, ή να καταλήγουν σε μια βαθμολογία για τον νοητικό φόρτο ενός έργου, έπειτα από την συμπλήρωση μια σειράς ερωτήσεων. Άλλα ερωτηματολόγια εμπεριέχουν υποκλίμακες που διερευνούν διαφορετικές πτυχές του νοητικού φόρτου, ενώ άλλα απαιτούν την συμπλήρωση μόνο μιας βαθμολογίας από τα άτομα. Οι Casali και Wierwille (1983) αναγνωρίζουν πως αυτού του είδους οι μετρήσεις είναι χρηστικές μιας και είναι φθηνές, χορηγούνται εύκολα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια πληθώρα έργων. Από την άλλη μεριά οι O'Donnell και Eggemeier (1986) υποστηρίζουν ότι οι υποκειμενικές μετρήσεις του νοητικού φόρτου έχουν αρκετούς περιορισμούς, μιας και δεν εντοπίζουν εσωτερικές διεργασίες που τα άτομα αγνοούν και κατά συνέπεια δεν μπορούν να αξιολογήσουν, πρέπει να έχουν πολύ σωστά διατυπωμένες ερωτήσεις και βασίζονται στην βραχύχρονη μνήμη του κάθε συμμετέχοντα.

Μία δημοφιλής κλίμακα υποκειμενικής αξιολόγησης του νοητικού φόρτου είναι η NASA-TLX, η οποία έχει σχεδιαστεί για να αποτυπώσει την υποκειμενική εμπειρία που βιώνουν άτομα που εκτελούν έργα, τα οποία είναι μέρος σύνθετων κοινωνικοτεχνολογικών συστημάτων ανθρώπου και μηχανών. Η κλίμακα NASA-TLX επιλέγεται από τους ερευνητές λόγω των πολλών διαστάσεων του νοητικού φόρτου που αξιολογεί (Hart, 2009), της ευκολίας στην χορήγησή της (Megaw, 2005), της αξιοπιστίας και της ευαισθησίας της (Rubio κ.α., 2004). Για την μέτρηση του νοητικού φόρτου με την κλίμακα NASA-TLX χρησιμοποιούνται έξι προκαθορισμένες διαστάσεις. Οι τρεις μετρούν τις απαιτήσεις που επιβάλλονται στον άτομο κατά την εκτέλεση του έργου (νοητικές, σωματικές και χρονικές απαιτήσεις), ενώ οι άλλες τρεις εστιάζουν στο πως το άτομο αντιμετωπίζει το ίδιο το έργο (αυτοαξιολόγηση επίδοσης, προσπάθειας και σύγχυσης). Ο διαμοιρασμός του νοητικού φόρτου σε έξι υποκατηγορίες βοηθά στην μείωση της διακύμανσης μεταξύ των συμμετεχόντων, καθώς επίσης και στον καλύτερο εντοπισμό της πηγής του νοητικού φόρτου. Υπάρχουν δύο τρόποι χρήσης της κλίμακας NASA-TLX. Από τη μία, χρησιμοποιούνται

σταθμισμένα αποτελέσματα της κλίμακας, τα οποία απαιτούν μια διαδικασία δύο βημάτων, όπου το άτομο πρώτα αξιολογεί και τις έξι κατηγορίες μετά την εκτέλεση του έργου, και έπειτα σταθμίζει ο ίδιος την συνεισφορά κάθε παράγοντα, με έναν προκαθορισμένο τρόπο. Αυτό βοηθά στο να γίνει καλύτερα αντιληπτό, ποιος πιθανός παράγοντας ευθύνεται περισσότερο για τον αντιληπτό φόρτο. Από την άλλη πλευρά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις της κλίμακας χωρίς στάθμιση, όπου σε αυτήν την περίπτωση οι συμμετέχοντες απαντούν στα ερωτήματα των έξι υποκατηγοριών, αφού ολοκληρώσουν το έργο. Το αποτέλεσμα είναι ο αριθμητικός μέσος όλων των υποκατηγοριών. Έρευνες δείχνουν πως τα μη σταθμισμένα αποτελέσματα έχουν υψηλή συσχέτιση με τα σταθμισμένα (Grier, 2015), ενώ παράλληλα είναι πιο εύκολα επεξεργάσιμα και απαιτούν λιγότερο χρόνο στην ανάλυση τους (Hendy κ.α., 1993· Nygren, 1991). Βέβαια, η συγκεκριμένη κλίμακα υστερεί γιατί υποβάλλεται ετεροχρονισμένα και έτσι δεν είναι τόσο ευαίσθητη στις μετρήσεις του νοητικού έργου (Hart & Staveland, 1988).

Στην τελευταία κατηγορία μέτρησης του νοητικού φόρτου ανήκουν εκείνες που βασίζονται στην απόδοση του ατόμου κατά την εκτέλεση του έργου. Θεωρείται ότι όσο αυξάνεται ο νοητικός φόρτος, μαζί του αυξάνονται τα λάθη και οι χρόνοι απόκρισης (Tsang & Vidulich, 2006). Έτσι είναι εφικτό να αξιολογήσουμε τον νοητικό φόρτο παρακολουθώντας την απόδοση του ατόμου στο έργο αυτό. Οι O'Donnell και Eggemeier (1986) ωστόσο, αναφέρουν πως η χρήση της απόδοσης σε ένα έργο για την μέτρηση του νοητικού φόρτου αυτού, πιθανόν να δημιουργεί προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα υποστηρίζουν πως ο χαμηλός νοητικός φόρτος μπορεί να ενισχύει την απόδοση, πως με αυτόν τον τρόπο υπάρχουν αλλαγές λόγω στρατηγικής στην επεξεργασία των πληροφοριών, μάθησης ή εμπειρίας, ενώ παράλληλα οι μετρήσεις είναι συγκεκριμένες για ένα έργο και είναι δύσκολο να γενικευτούν και σε άλλα.

Επιπλέον, μιας και υπάρχουν περιπτώσεις που παρόλο που έχουμε αυξημένο νοητικό φόρτο η απόδοση δε φθίνει, οι μελετητές χρησιμοποιούν την πρακτική του ταυτόχρονου δεύτερου έργου για να μετρήσουν τον νοητικό φόρτο πιο αποτελεσματικά (π.χ. Tsang & Vidulich, 2006). Σύμφωνα με αυτήν την τεχνική, το άτομο εκτελεί ένα έργο και χρησιμοποιεί όσους γνωστικούς πόρους του απομένουν για να εκτελέσει και ένα δεύτερο έργο. Η πτώση της απόδοσης στο δεύτερο έργο χρησιμοποιείται σαν μέτρηση του νοητικού φόρτου του πρώτου. Η συγκεκριμένη τεχνική είναι χρήσιμη γιατί παρέχει μια ευαίσθητη μέτρηση του νοητικού φόρτου (Slocum, Williges &

Roscoe, 1971), όμως παράλληλα δημιουργεί πρόβλημα αν η εκτέλεση του δεύτερου έργου επηρεάζει την απόδοση στο πρώτο (Williges & Wierwille, 1979).

Η Hart (1978) πρότεινε πως τα έργα αντίληψης του χρόνου θα μπορούσαν να λειτουργήσουν σαν ένας ενδείκτης του νοητικού φόρτου ενός άλλου έργου που εκτελείται ταυτόχρονα. Σε αρκετές μελέτες μάλιστα έχουν χρησιμοποιηθεί έργα χρονισμού, όπου οι συμμετέχοντες τα εκτελούσαν ταυτόχρονα με κάποιο άλλο έργο και γνώριζαν εξ' αρχής ότι θα τους ζητηθεί να εκτιμήσουν χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα, οι Casali και Wierwille (1983) στην έρευνά τους αξιολόγησαν το έργο της χρονικής εκτίμησης, μεταξύ άλλων 16 έργων, παράλληλα με ένα πτητικό έργο, για να διερευνήσουν αν το χρονικό έργο μπορεί να αποτελέσει μετρική του νοητικού φόρτου του πτητικού έργου. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να παράξουν ένα χρονικό διάστημα 10 δευτερολέπτων με τη χρήση ενός διακόπτη τοποθετημένο στον αντίχειρα του αριστερού τους χεριού, εκτελώντας παράλληλα το πτητικό έργο. Το πτητικό έργο είχε τρεις διαβαθμίσεις ανάλογα με τον επικοινωνιακό φόρτο μεταξύ πιλότου και Πύργου Ελέγχου. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν, ότι το έργο της χρονικής εκτίμησης ήταν σχετικά ευαίσθητο στις μεταβολές του φόρτου του πτητικού έργου, καθώς όσο αυξάνεται ο φόρτος του πτητικού έργου, τόσο μεγαλύτερη η αύξηση και η διακύμανση των χρονικών εκτιμήσεων των συμμετεχόντων.

Οι Grant και συν. (2013) στην μελέτη τους προτείνουν πως η χρήση ενός έργου παραγωγής χρονικών διαστημάτων θα μπορούσε να εντοπίσει αλλαγές στον νοητικό φόρτο κατά την εκτέλεση ενός παράλληλου έργου στο περιβάλλον μιας αίθουσας χειρουργείου. Συστήνουν το έργο παραγωγής χρονικών διαστημάτων, καθώς θεωρείται ελάχιστα επεμβατικό στην εκτέλεση του άλλου ταυτόχρονου έργου, δεν απαιτεί απαραίτητα την χρήση σύνθετου εξοπλισμού και μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί, ώστε να έχει φωνητικές ή μηχανικές αποκρίσεις, με αποτέλεσμα να μειώνονται ακόμα περισσότερο οι περιττές ενοχλήσεις στην εκτέλεση του ταυτόχρονου έργου.

Οι Zakay και Shub (1998) σε ένα εργαστηριακό πείραμα προσπάθησαν να θέσουν την θεωρητική βάση για την χρήση των έργων χρονικής εκτίμησης στην μέτρηση του νοητικού φόρτου ενός παράλληλου έργου. Στο πείραμα τους το μη χρονικό έργο ήταν το έργο Stroop, με δύο διαφορετικά επίπεδα δυσκολίας, το οποίο έπρεπε να ξεκινήσουν όταν θα άκουγαν έναν ηχητικό τόνο. Παρακολουθούσαν το πέρασμα του χρόνου και όταν πίστευαν πως είχαν περάσει 32 δευτερόλεπτα πατούσαν ένα κουμπί και ταυτόχρονα έληγε και το μη χρονικό έργο. Έπειτα, έγινε υποκειμενική εκτίμηση του νοητικού φόρτου του μη χρονικού έργου, ζητώντας από τους

συμμετέχοντες να αξιολογήσουν σε μια δεκαβάθμια κλίμακα την χρονική πίεση, την νοητική προσπάθεια και το στρες που βίωσαν κατά την εκτέλεση του έργου. Για να ελέγξουν την ευαισθησία του χρονικού έργου υπολόγισαν την αναλογία εκτιμώμενου χρόνου προς τον πραγματικό, ενώ τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραγωγή χρονικών διαστημάτων είναι ευαίσθητη στις αλλαγές του νοητικού φόρτου του μη χρονικού έργου, μιας και οι παραγόμενες διάρκειες ήταν μεγαλύτερες όσο το μη χρονικό έργο γινόταν πιο δύσκολο. Γενικά, φαίνεται πως τα έργα εκτίμησης του χρόνου είναι μη παρεμβατικά και ευαίσθητα στην μέτρηση του νοητικού φόρτου (Wierwille & Connor, 1983· Zakay & Shub, 1998).

### **Αντίληψη του χρόνου**

Οι άνθρωποι έχουν την τάση να αξιολογούν την διάρκεια εσωτερικών αλλά και εξωτερικών συμβάντων στην καθημερινή τους ζωή, ώστε να είναι σε θέση να προβλέψουν αλλαγές που πρόκειται να συμβούν, να προσαρμοστούν στις αλλαγές του περιβάλλοντος και κατ'επέκταση να επιβιώσουν. Το μέγεθος του χρονικού διαστήματος που πρόκειται να αξιολογηθεί, αλλά και το έργο που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή της αξιολόγησης του χρονικού διαστήματος, είναι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την διαδικασία της χρονικής αντίληψης (Block & Zakay, 1997).

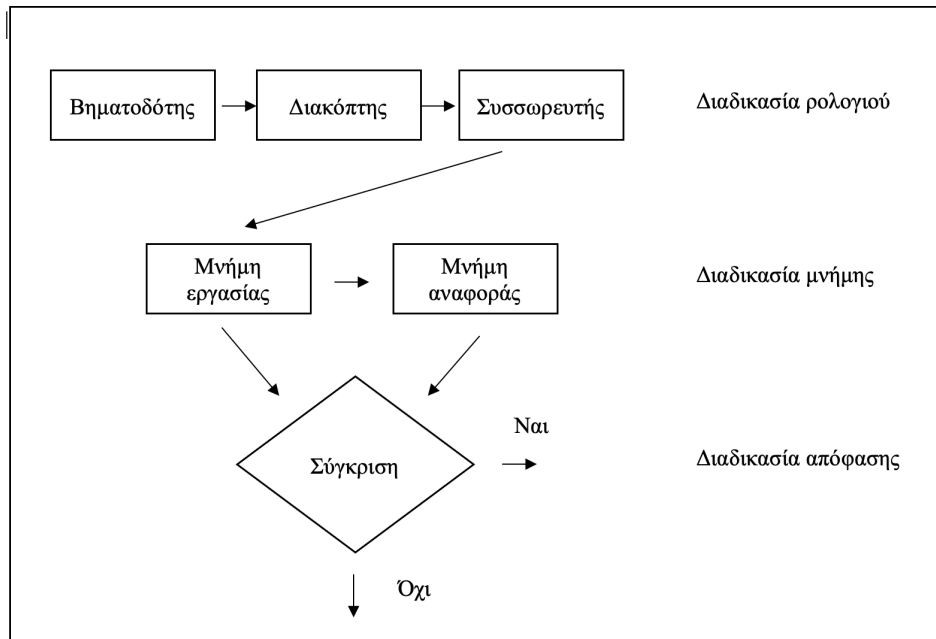
Οι Ivry και Spencer (2004) σημειώνουν ότι η εκτίμηση του χρόνου στο εύρος δευτερολέπτων έως λεπτών θεωρείται ότι συνδέεται με την γνωστική λειτουργία, ενώ η εκτίμηση χρόνου στο εύρος των χιλιοστών του δευτερολέπτου είναι αυτοματοποιημένη και συνδέεται με το κινητικό σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού.

**Θεωρία Κλιμακωτού Χρονισμού (Scalar Timing Theory).** Η γνωστή Θεωρία Κλιμακωτού Χρονισμού (Scalar Timing Theory) έχει εμπνεύσει μελέτες χρονισμού στο εύρος δευτερολέπτου έως λεπτού (Church, 1984). Τα στάδια του ρολογιού, της μνήμης και της λήψης απόφασης είναι τα τρία στάδια επεξεργασίας πληροφοριών που προτείνει αυτό το θεωρητικό μοντέλο ως βάση για τις χρονικές αξιολογήσεις, όπως φαίνεται στο Γράφημα 1.

Στο πρώτο στάδιο θεωρείται ότι υπάρχει ένας βηματοδότης, ο οποίος παράγει παλμούς με μέση σταθερή συχνότητα. Κατά την επεξεργασία της διάρκειας του σήματος, ένας διακόπτης διοχετεύει αυτούς τους παλμούς σε έναν συσσωρευτή. Με βάση τον αριθμό των παλμών, ο οποίος αυξάνεται όσο περνάει ο χρόνος, γίνονται

εκτιμήσεις χρονικής διάρκειας. Η μνήμη εργασίας λαμβάνει και αποθηκεύει τα περιεχόμενα του συσσωρευτή που αντιστοιχούν στον τρέχοντα χρόνο, ενώ στο τέλος γίνεται σύγκριση των πληροφοριών μεταξύ μνήμης εργασίας και μνήμης αναφοράς και προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα της επιλογής.

**Γράφημα 1.** Τα στάδια της Θεωρίας Κλιμακωτού Χρονισμού



Η Perbal-Hatif (2022) υποστηρίζει ότι η απόδοση σε ένα χρονικό έργο σχετίζεται άμεσα με το είδος του έργου που χρησιμοποιείται για την συλλογή των χρονικών εκτιμήσεων. Για παράδειγμα, σταθερές αλλαγές στον ρυθμό του βηματοδότη δεν θα έχουν κάποια επίδραση στην ακρίβεια των εκτιμήσεων διάρκειας σε ένα έργο αναπαραγωγής χρόνου. Σε ένα τέτοιο έργο, οι συμμετέχοντες πρέπει να εκτιμήσουν και να αξιολογήσουν μια συγκεκριμένη χρονική διάρκεια, συγκρίνοντας τον χρόνο που περνά κατά τη διάρκεια της φάσης αξιολόγησης με εκείνον που περνά κατά την φάση της αναπαραγωγής. Και οι δυο χρονικές περίοδοι κωδικοποιούνται από τον ίδιο εσωτερικό βηματοδότη, ο οποίος εκπέμπει σταθερά με την ίδια συχνότητα και στις δύο φάσεις του έργου. Αντίθετα, αλλαγές στην ταχύτητα του εσωτερικού ρολογιού θα εμφανιστούν σε έργα εκτίμησης χρόνου που απαιτούν κάποιου είδους μετατροπή μεταξύ της βιωμένης διάρκειας και των συμβατικών μονάδων χρόνου, όπως συμβαίνει στα έργα παραγωγής χρόνου (π.χ. πάτησε το κουμπί όταν πιστέψεις ότι πέρασαν 10 δευτερόλεπτα) ή στα έργα λεκτικής εκτίμησης (π.χ. πόση ώρα εκτελείται αυτό το έργο;).



Η ακρίβεια και η μεταβλητότητα των εκτιμήσεων μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες κατά τις οποίες εκτελούνται τα χρονικά έργα (Fortin, 2003). Για παράδειγμα, κατά την εκτέλεση δυο ταυτόχρονων έργων, ενός χρονικού και ενός μη χρονικού, οι συμμετέχοντες συνήθως δηλώνουν ότι βίωσαν μικρότερες χρονικές διάρκειες από τις πραγματικές. Σε αυτήν την περίπτωση, η προσοχή πρέπει να μοιράζεται στην επεξεργασία χρονικών και μη χρονικών πληροφοριών, επηρεάζοντας την λειτουργία του διακόπτη και έτσι λιγότεροι παλμοί κατευθύνονται προς τον συσσωρευτή για να μεταφερθούν στην μνήμη εργασίας. Η απόκλιση της χρονικής απόδοσης μεταξύ των δυο αυτών συνθηκών προκύπτει λόγω του διαφορετικού επιπέδου προσοχής που αφιερώνεται στον χρόνο.

Για την αξιολόγηση της απόδοσης στα χρονικά έργα μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένοι δείκτες, όπως η ακρίβεια και η μεταβλητότητα των απαντήσεων. Η ακρίβεια αναφέρεται στην ακρίβεια των χρονικών εκτιμήσεων και υπολογίζεται με τον λόγο του παραγόμενου προς τον πραγματικό χρόνο (Mioni κ.α., 2014).

Νευροψυχολογικές και νευροαπεικονιστικές μελέτες δείχνουν ότι πολλά μέρη του εγκεφάλου συνεισφέρουν στη διαδικασία της χρονικής εκτίμησης μεταξύ των οποίων η παρεγκεφαλίδα, ο δεξιός βρεγματικός φλοιός, ο δεξιός προμετωπιαίος φλοιός και το μετωπικό δίκτυο (Schmitter-Edgecombe & Rueda, 2008). Φαίνεται ότι διαφορετικά νευρωνικά δίκτυα εμπλέκονται, ανάλογα με το χρονικό έργο και την διάρκεια των χρονικών διαστημάτων. Συνήθως, οι χρονικές εκτιμήσεις στο εύρος των χιλιοστών του δευτερολέπτου συνδέονται με περιοχές του εγκεφάλου υπεύθυνες για την κίνηση του οργανισμού. Από την άλλη, οι χρονικές εκτιμήσεις στο εύρος των δευτερολέπτων-λεπτών συνδέονται με τον προμετωπιαίο και τον βρεγματικό φλοιό, αλλά και με άλλα νευρωνικά δίκτυα που ρυθμίζονται από την ντοπαμίνη (Wittmann, 2009). Σε κάθε περίπτωση, δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτές οι περιοχές συνδέονται απευθείας με την διαδικασία της χρονικής εκτίμησης, ή αν συμμετέχουν σε διαδικασίες της προσοχής, της μνήμης εργασίας ή της λήψης αποφάσεων που εμπλέκονται στην εκτίμηση χρονικών διαστημάτων στο εύρος των δευτερολέπτων (Kagerer κ.α., 2002).

Τα μοντέλα που περιλαμβάνουν ένα εσωτερικό ρολόι για την κατανόηση του χρονισμού φαίνεται να είναι αποτελεσματικά στην πρόβλεψη των χρονικών διαδικασιών στα ζώα, όμως αυτό που φάνηκε να χρειάζεται, ήταν ένα μοντέλο που να περιέχει τις ιδιότητες του κλιμακωτού χρονισμού, αλλά παράλληλα να εμπεριέχει και

γνωστικούς παράγοντες, όπως είναι η κατανομή των γνωστικών πόρων που σχετίζονται με την προσοχή.

**Μοντέλο της Πύλης Προσοχής (Attentional Gate Model).** Έτσι δημιουργήθηκε το Μοντέλο της Πύλης Προσοχής (Attentional Gate Model, AGM), που εξηγεί την συνειδητή κωδικοποίηση του χρόνου (Zakay & Block, 1995). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, ο νους λειτουργεί σαν ένα ρολόι. Ένας εσωτερικός βηματοδότης, ο οποίος επηρεάζεται από ενδογενείς διαδικασίες όπως η διέγερση, εκπέμπει μια ρυθμική ροή χρονικών πληροφοριών που ονομάζονται «παλμοί». Ο χρονισμός ξεκινά όταν ο διακόπτης του ρολογιού ενεργοποιείται, κινητοποιώντας το άτομο να μετρά τον χρόνο. Ο διακόπτης όμως που μεσολαβεί, ώστε η ροή των παλμών να φτάνει στον γνωστικό μετρητή (συσσωρευτή), ρυθμίζεται από την προσοχή. Η πύλη της προσοχής επιτρέπει περισσότερους παλμούς να συσσωρευτούν, με αποτέλεσμα να επιμηκύνεται η υποκειμενική αντίληψη της διάρκειας του χρόνου. Όταν η προσοχή δεν δίνεται σε ένα χρονικό έργο, υποτίθεται πως αυτός ο διακόπτης κλείνει, με αποτέλεσμα λιγότεροι παλμοί να φτάνουν στον συσσωρευτή, μικραίνοντας την υποκειμενική διάρκεια του χρόνου (Gibbon, Church, & Meck, 1984). Στο τέλος του χρονικού διαστήματος, η μνήμη αναφοράς χρησιμοποιείται για να δοθεί μια συμβατική λεκτική ταμπέλα (π.χ. λεπτό ή δευτερόλεπτο) στον συνολικό αριθμό παλμών που έχουν συσσωρευτεί, συγκρίνοντας το χρονικό διάστημα με προηγούμενες εμπειρίες.

Η αντίληψη της διάρκειας του χρόνου σχηματίζεται από δύο παράγοντες σύμφωνα με το AGM (Droit-Volet & Meck, 2007· Wittmann & Paulus, 2008). Πρώτον, η αυξημένη προσοχή στον χρόνο προκαλεί αυξημένη ροή χρονικών παλμών, η οποία οδηγεί σε μεγαλύτερη άθροιση τους. Δεύτερον, η συναισθηματική διέγερση σχετίζεται με υψηλότερο ρυθμό στο βηματοδότη και ως εκ τούτου, μεγαλύτερη άθροιση παλμών κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος. Αυτός ο δεύτερος μηχανισμός ερμηνεύει γιατί, μια συναισθηματικά φορτισμένη κατάσταση, με αυξημένη φυσιολογική διέγερση και υψηλότερο ρυθμό παλμών, οδηγεί σε υποκειμενική επιμήκυνση του χρόνου (Droit-Volet, 2017· Mella, Conty, & Pouthas, 2011). Οι Droit-Volet και Wearden (2015) διερεύνησαν αυτόν τον μηχανισμό και τον συνέδεσαν με την αίσθηση των ατόμων για το πέρασμα του χρόνου. Η εκτίμηση για το πέρασμα του χρόνου είναι μια αξιολόγηση για το πόσο γρήγορα φαίνεται να περνάει ο χρόνος σε μια συγκεκριμένη κατάσταση (Droit-Volet & Wearden, 2016). Συνήθως μετράται με ερωτήσεις όπως “Πόσο γρήγορα πέρασε ο χρόνος για εμένα;” ή “Πως

πέρασε ο χρόνος σε σχέση με τον χρόνο του ρολογιού;”, με τις απαντήσεις συνήθως να δίνονται σε μια επταβάθμια κλίμακα Likert, διαβαθμισμένη από “πολύ αργά” έως πολύ “γρήγορα” (Friedman & Janssen, 2010).

Σε ένα παρόμοιο θεωρητικό πλαίσιο, οι Lio και συν. (2006) μιλούν για έναν «γνωστικό χρονομετρητή» που επεξεργάζεται (μετρά) μονάδες χρόνου. Στην περίπτωση που οι γνωστικοί πόροι που χρειάζεται αυτός ο χρονομετρητής χρησιμοποιούνται και από ένα άλλο παράλληλο έργο, τότε ο χρονομετρητής θα ολοκληρώνει λιγότερες μετρήσεις ανά πραγματική μονάδα χρόνου. Έτσι αν κάποιος πρέπει να παράξει χρονικά διαστήματα συγκεκριμένης διάρκειας κάτω από αυτές τις συνθήκες, τότε τα παραγόμενα χρονικά διαστήματα θα είναι μεγαλύτερα, μιας και ο γνωστικός χρονομετρητής θα χρειάζεται περισσότερο χρόνο για την απαιτούμενη μέτρηση. Επομένως, όταν οι χρονικές εκτιμήσεις εκτελούνται κάτω από συνθήκες υψηλού νοητικού φόρτου, τα παραγόμενα χρονικά διαστήματα θα είναι μεγαλύτερα από τα πραγματικά.

Για την απόκτηση πρόδρομων χρονικών εκτιμήσεων, οι ερευνητές χρησιμοποιούν συνήθως τρεις τρόπους (Wearden, 2003). Ο πρώτος είναι η μέθοδος της παραγωγής, όπου οι συμμετέχοντες πρέπει να υποδείξουν πότε ένα χρονικό διάστημα έχει περάσει (Licht κ.α., 1985). Ο δεύτερος τρόπος είναι η μέθοδος της αναπαραγωγής, όπου οι συμμετέχοντες εκτίθενται σε συγκεκριμένες χρονικές διάρκειες και έπειτα πρέπει να υποδείξουν πότε το ίδιο χρονικό διάστημα έχει παρέλθει (Shaw & Aggleton, 1994). Τέλος, η μέθοδος της λεκτικής εκτίμησης προϋποθέτει πως οι συμμετέχοντες εκτίθενται σε χρονικά διαστήματα και έπειτα καλούνται να κάνουν λεκτικές εκτιμήσεις αυτών των χρονικών διαστημάτων (Licht κ.α., 1985).

### **Έλεγχος Εναέριας Κυκλοφορίας**

Ένα απαιτητικό γνωστικά περιβάλλον θεωρείται πως είναι εκείνο του ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (Langan-Fox κ.α., 2009· Malakis κ.α., 2010), όπου οι απαιτήσεις του έργου που εκτελούν οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας και ο νοητικός φόρτος που συνεπάγεται, είναι εξαιρετικά δυναμικά και ευμετάβλητα. Οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας ρυθμίζουν την κυκλοφορία των εναέριων μέσων επικοινωνώντας με τους χειριστές τους και δίνοντας τους πληροφορίες και κατευθύνσεις αναφορικά με την πορεία άλλων ιπτάμενων μέσων (Truschzinski κ.α., 2017). Στις μέρες μας, ο Έλεγχος Εναέριας Κυκλοφορίας πραγματοποιείται από ανθρώπους οι οποίοι παρατηρούν οπτικά την πτητική δραστηριότητα, είτε μέσω

ραντάρ, είτε με άμεση οπτική επαφή, και επικοινωνούν φωνητικά με τους χειριστές των ιπτάμενων μέσων (Paielli & Erzberger, 2019).

Οι ελεγκτές απασχολούνται σε διαδοχικές βάρδιες, οι οποίες στις περισσότερες θέσεις καλύπτουν όλο το 24ωρο, ενώ για την αρμονική κυκλοφορία των ιπτάμενων μέσων υπάρχουν τρεις μονάδες που συνεργάζονται στενά μεταξύ τους: ο Πύργος των αεροδρομίων, η Προσέγγιση των αεροδρομίων και το Κέντρο Περιοχής Αθηνών. Η μονάδα του Πύργου αεροδρομίου αποτελείται από ελεγκτές που είναι αρμόδιοι για τις απογειώσεις, τις προσγειώσεις και τις τροχοδρομήσεις των ιπτάμενων μέσων σε έναν αερολιμένα, καθώς επίσης και για τις κινήσεις ατόμων ή οχημάτων εντός αυτών. Ελέγχουν τα ιπτάμενα μέσα από την επιφάνεια του εδάφους έως συνήθως τα 3000 πόδια. Τον έλεγχο από τα 3000 πόδια έως τα 25.000 πόδια ασκούν οι ελεγκτές που απασχολούνται στην μονάδα της Προσέγγισης του αεροδρομίου, οι οποίοι με την συνδρομή συσκευών ραντάρ, παρέχουν πορείες στα ιπτάμενα μέσα, ενώ παράλληλα είναι υπεύθυνοι να συντονίσουν τις απαιτούμενες υπηρεσίες, σε περίπτωση που κάποιο αεροσκάφος βρεθεί σε κατάσταση ανάγκης, μέσα στα ύψη των περιοχών που εποπτεύουν. Τέλος, στην μονάδα του Κέντρου Περιοχής Αθηνών απασχολούνται ελεγκτές, έργο των οποίων είναι η εξυπηρέτηση αεροσκαφών που πετούν σε μεγάλα ύψη εντός αεροδιαδρόμων, ενώ η περιοχή την οποία εποπτεύουν είναι πολύ μεγαλύτερη (Ribas κ.α., 2010).

Κύρια αποστολή των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας σε όποια μονάδα ελέγχου και αν απασχολούνται, είναι να διαχωρίζουν επαρκώς τα αεροσκάφη και να εξασφαλίζουν μια ομαλή και γρήγορη κυκλοφορία των ιπτάμενων μέσων. Ένα από τα σημαντικότερα έργα τους είναι να εντοπίζουν και να περιορίζουν πιθανές συγκρούσεις ιπτάμενων μέσων, ελέγχοντας κυρίως οθόνες ραντάρ, όπου τα ιπτάμενα μέσα εμφανίζονται με την μορφή πολύχρωμων στιγμάτων. Επιτηρούν για περιπτώσεις σύγκρουσης και δίνουν τις κατάλληλες οδηγίες, έτσι ώστε να κατευθύνουν τα ιπτάμενα μέσα στον προορισμό τους με ασφάλεια και χρονική ακρίβεια (Mandal & Kang, 2018). Αν και πρόκειται για ένα αντικείμενο που βασίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην χρήση εξειδικευμένου και σύνθετου τεχνολογικού εξοπλισμού, εν τούτοις ο ανθρώπινος παράγοντας είναι εξαιρετικά σημαντικός (Inoue κ.α., 2012). Ειδικότερα, οι ελεγκτές πρέπει να είναι σε θέση να παρακολουθούν ταυτόχρονα την αεροναυτιλία πολλών ιπτάμενων μέσων, να αξιολογούν τα στοιχεία από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούν και να συντονίζουν τις κατάλληλες ενέργειες (Hilburn & Flynn, 2005). Ο ανθρώπινος

παράγοντας φαίνεται από την βιβλιογραφία να είναι η κυριότερη αιτία σε αεροπορικά συμβάντα αλλά και ατυχήματα, και για αυτόν τον λόγο πολλοί είναι εκείνοι οι μελετητές που έχουν προσπαθήσει να ερευνήσουν τις γνωστικές λειτουργίες των ατόμων που εμπλέκονται στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας (Berndtsson & Normark, 1999· Finomore κ.α., 2009· National Research Council, 1997).

Ο νοητικός φόρτος των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας γίνεται όλο και μεγαλύτερος με την αύξηση των ιπτάμενων μέσων που έχουν υπό τον έλεγχο τους (Ipoue κ.α., 2012). Είναι εμφανές, ότι στο μέλλον η εναέρια κυκλοφορία θα γίνει περισσότερο σύνθετη, κάνοντας δυσκολότερο τον εντοπισμό και την επίλυση συγκρούσεων από τους χειριστές, θέτοντας κατ'επέκταση περισσότερη πίεση στο σύστημα εναέριας κυκλοφορίας (Di Flumeri κ.α., 2019). Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του έργου τους, ο νοητικός τους φόρτος αυξάνεται όσο περισσότερα είναι τα αεροσκάφη που έχουν υπό τον έλεγχο τους (Edwards κ.α., 2017), όταν οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι δυσμενείς (Kontogiannis & Malakis, 2017) ή όταν το άτομο δεν χρησιμοποιεί την μητρική του γλώσσα (Estival & Molesworth, 2016). Όταν ο νοητικός φόρτος ξεπεράσει κάποιο λειτουργικό επίπεδο, τότε συνήθως συνοδεύεται από μείωση της απόδοσης των συμμετεχόντων (Loura, 2014), αύξηση των βιοχημικών αντιδράσεων, αύξηση των καρδιακών παλμών, της συστολικής πίεσης, καθώς και από συνέπειες στην δυνατότητα συγκέντρωσης (Vogt, Hagemann, & Kastner, 2006).

Μια σημαντική παράμετρος στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας είναι η ομιλία μιας μη μητρικής γλώσσας, η οποία σχετίζεται με υψηλά επίπεδα νοητικού φόρτου, μιας και προκύπτουν αυξημένες ανάγκες στην επεξεργασία και στον σχεδιασμό προτάσεων (Wu κ.α., 2020). Οι Hasegawa και συν. (2002) αναφέρουν, ότι η κατανόηση μιας μη μητρικής γλώσσας μπορεί να είναι πιο απαιτητικό έργο αναφορικά με τον νοητικό φόρτο. Μάλιστα, η Koda (2005) στην μελέτη της αναφέρει πως τα άτομα όταν μιλούν σε μία μη μητρική γλώσσα τείνουν να δυσκολεύονται περισσότερο στην ανάκτηση των λέξεων. Αυτά τα δεδομένα, είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε ένα πεδίο όπως είναι ο έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας, όπου από το 1951, ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (International Civil Aviation Organization, ICAO) έχει θεσπίσει τα αγγλικά ως επίσημη γλώσσα παγκοσμίως (Boschen & Jones, 2004). Παρόλο που η αρχική πρόθεση ήταν η ανάπτυξη κανόνων που θα περιόριζαν τα λάθη, η γλώσσα και τα επικοινωνιακά θέματα γενικά, εξακολουθούν να αποτελούν μία από τις κυριότερες αιτίες αεροπορικών ατυχημάτων (Tiewtrakul & Fletcher, 2010). Ως εκ

τούτου, αξίζει να ερευνηθεί περαιτέρω η χρήση της αγγλικής γλώσσας από ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας των οποίων δεν αποτελεί τη μητρική τους γλώσσα, καθώς και η σχέση που πιθανόν έχει με τον νοητικό φόρτο.

Συνοψίζοντας, φαίνεται πως όταν ένα έργο χρονικής αντίληψης εκτελείται ταυτόχρονα με ένα δεύτερο έργο, τότε είναι αποτελεσματικός δείκτης στον εντοπισμό μεταβολών στο νοητικό φόρτο του δεύτερου αυτού έργου. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της παραγωγής χρονικών διαστημάτων σε πραγματικές αεροπορικές συνθήκες, και πιο συγκεκριμένα αν τα έργα παραγωγής χρόνου είναι ευαίσθητα στην μεταβολή του νοητικού φόρτου των Ελεγκτών Εναέριας Κυκλοφορίας. Το πρώτο ερώτημα που τίθεται είναι αν η γλώσσα επικοινωνίας των ελεγκτών με τα ελικόπτερα οδηγεί σε διαφορές στην ακρίβεια παραγωγής των χρονικών διαστημάτων. Γίνεται η υπόθεση, πως όταν οι ελεγκτές μιλούν στα αγγλικά, θα βιώνουν περισσότερο νοητικό φόρτο για την εκτέλεση αυτού του έργου, με αποτέλεσμα να παράγουν μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από αυτά που τους ζητούνται. Το δεύτερο ερώτημα αφορά τον αριθμό των ελικοπτέρων που έχουν υπό τον έλεγχο τους οι ελεγκτές, και πιο συγκεκριμένα, το πως αυτός σχετίζεται με την παραγωγή χρονικών διαστημάτων. Γίνεται η υπόθεση, πως όταν οι ελεγκτές έχουν υπό τον έλεγχο τους δύο ελικόπτερα θα βιώνουν μεγαλύτερο νοητικό φόρτο για την εκτέλεση αυτού του έργου σε σχέση με τον έλεγχο ενός ελικοπτέρου, με αποτέλεσμα να παράγουν μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από αυτά που τους ζητούνται. Το τρίτο ερώτημα που προκύπτει είναι αν στα δύο στάδια του έργου ελέγχου, δηλαδή στο στάδιο της πλοήγησης και στο στάδιο της προσγείωσης, υπάρχουν διαφορές στα παραγόμενα χρονικά διαστήματα. Γίνεται η υπόθεση, ότι στο στάδιο της προσγείωσης θα γίνεται παραγωγή μεγαλύτερων χρονικών διαστημάτων συγκριτικά με το στάδιο της πλοήγησης, μιας και στο τελευταίο οι ελεγκτές αναμένονται να βιώνουν μικρότερα επίπεδα νοητικού φόρτου. Το τέταρτο ερώτημα που καλείται να απαντήσει η συγκεκριμένη μελέτη είναι αν υπάρχει κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ των τριών αυτών μεταβλητών, δηλαδή της γλώσσας επικοινωνίας, του αριθμού των ελικοπτέρων υπό έλεγχο και του σταδίου της πτήσης σε σχέση με την παραγωγή χρονικών διαστημάτων. Τέλος, η πέμπτη υπόθεση είναι ότι οι ελεγκτές θα έχουν την αίσθηση ότι ο χρόνος περνά γρηγορότερα όταν εκτελούν ένα έργο αυξημένου νοητικού φόρτου, συγκριτικά με ένα έργο μειωμένου φόρτου.

Μια τέτοια μελέτη κρίνεται σκόπιμη, καθώς θα συμβάλλει στην βιβλιογραφία σχετικά με τον νοητικό φόρτο που βιώνουν οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας στις

διάφορες υπηρεσίες που καλούνται να παρέχουν. Η εμπάθυνση στις γνωστικές λειτουργίες των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας και η συσχέτιση τους με τις πτητικές διαδικασίες, μπορούν αναμφίβολα να βοηθήσουν στην τροποποίηση των αεροπορικών πρακτικών, ώστε ο έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας να εκτελείται με έναν πιο ασφαλή τρόπο, διευκολύνοντας την πτητική δραστηριότητα αλλά και μεγιστοποιώντας την χωρητικότητα του αεροπορικού δικτύου.

## **Μέθοδος**

### **Δείγμα**

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε πραγματικό περιβάλλον εργασίας ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας, σε ένα ελληνικό στρατιωτικό αεροδρόμιο. Συμμετείχαν 12 ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας (7 άνδρες και 5 γυναίκες), ηλικίας 30 έως 46 χρονών ( $M = 36,67$ ,  $SD = 6,93$ ), εκ των οποίων όλοι είναι πιστοποιημένοι από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας και έχουν τουλάχιστον πενταετή εμπειρία στην συγκεκριμένη εργασιακή θέση. Είναι όλοι κάτοχοι πιστοποιητικών γλωσσομάθειας της Αγγλικής γλώσσας και εκπαιδευμένοι στην αγγλική ορολογία στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας.

### **Υλικό**

Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ο αεροπορικός εξοπλισμός του Πύργου Ελέγχου Αεροδρομίου. Πιο συγκεκριμένα αξιοποιήθηκε η συσκευή επικοινωνίας VHF τύπου Icom, και κυρίως το μικρόφωνο χειρός της εν λόγω συσκευής. Επιπλέον, έγινε χρήση του ψηφιακού καταγραφέα επικοινωνιών του Πύργου Ελέγχου, από τον οποίο ανακτήθηκαν πληροφορίες σχετικά με το χρονικό διάστημα που οι ελεγκτές πατούσαν πατημένη την κλείδα του μικροφώνου τους, ώστε να παραχθούν οι απαιτούμενες αναλογίες παραγόμενου προς ζητούμενου χρόνου.

Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Emotibit, η οποία είναι μια φορητή συσκευή αισθητήρων που συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την συναισθηματική, φυσιολογική και κινητική κατάσταση των ατόμων που την φέρουν πάνω τους. Είναι εύκολη στην χρήση, συνδέεται ασύρματα με ηλεκτρονικό υπολογιστή περιορίζοντας την όποια ενόχληση του χρήστη και υποστηρίζεται από λογισμικό ανοιχτού κώδικα, ώστε να προσαρμόζεται στον εκάστοτε πειραματικό σχεδιασμό. Ωστόσο, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας δεν έγινε ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, με προοπτική αυτό να γίνει σε μελλοντική περίπτωση. Τέλος, για την πραγματοποίηση

του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα NASA-TLX, όπως φαίνεται στο Παράρτημα 1.

### Σχεδιασμός

Διεξήχθη ένα εντός υποκειμένων πείραμα, όπου ως ανεξάρτητη μεταβλητή ορίζεται ο νοητικός φόρτος του έργου στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας και χειρίζεται με τον αριθμό ελικοπτέρων (ένα, δύο), την γλώσσα επικοινωνίας (ελληνικά-μητρική, αγγλικά-μη μητρική) και το στάδιο πτήσης (πλοήγηση, προσγείωση). Τα επίπεδα του νοητικού φόρτου ελέγχθηκαν με βάση την υποκειμενική κλίμακα αξιολόγησης νοητικού φόρτου NASA-TLX, την οποία συμπλήρωσαν οι συμμετέχοντες ακριβώς μετά το πέρας κάθε συνθήκης του έργου, καθώς και με τις μετρήσεις ψυχοφυσιολογικής δραστηριότητας, με την χρήση της συσκευής Emotibit. Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίζεται η ακρίβεια παραγωγής χρονικών διαστημάτων, όπου μετρήθηκε η ακρίβεια των παραγόμενων διαστημάτων, σε σχέση με την πραγματική διάρκεια των δευτερολέπτων που τους ζητήθηκε να παράξουν.

Για το πείραμα σχεδιάστηκαν τέσσερις συνθήκες, τις οποίες οι ελεγκτές καλούνταν να εκτελέσουν δύο ταυτόχρονα έργα. Ο χειρισμός του νοητικού φόρτου έγινε στο έργο ελέγχου, όπου οι ελεγκτές μιλούσαν είτε στα αγγλικά είτε στα ελληνικά, είτε σε ένα ελικόπτερο είτε σε δύο, σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1.** Σχεδιασμός συνθηκών

Ονομασία	Αριθμός ελικοπτέρων	Γλώσσα
EE1	1	Ελληνικά
EE2	1	Αγγλικά
EE3	2	Ελληνικά
EE4	2	Αγγλικά

Σε όλες τις συνθήκες το έργο ελέγχου χωριζόταν σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο ήταν το στάδιο της πλοήγησης, όπου αμέσως μετά την απογείωση το ελικόπτερο κινούνταν στον αέρα και οι ελεγκτές είχαν μόνο οπτική επαφή μαζί του, και το δεύτερο ήταν το στάδιο της προσγείωσης, όπου το ελικόπτερο έφτανε στην τελική φάση της προσγείωσης και οι ελεγκτές έπρεπε να δώσουν φωνητικά τις οδηγίες για την προσγείωση. Οι ελεγκτές εκτέλεσαν τις διάφορες συνθήκες των έργων με τυχαία σειρά και έπρεπε να διατηρούν συνεχή οπτική επαφή με τα ελικόπτερα που πετούσαν στον κύκλο του αεροδρομίου.



Αναλυτικότερα, στην πρώτη συνθήκη (Έργο Ελέγχου 1 - EE1) οι ελεγκτές έδιναν άδεια απογείωσης στο ελικόπτερο, το οποίο έκανε έναν κύκλο γύρω από το αεροδρόμιο. Οι ελεγκτές διατηρούσαν συνεχή οπτική επαφή με το ελικόπτερο που πετούσε στον κύκλο του αεροδρομίου, επικοινωνούσαν με το ελικόπτερο στην συχνότητα στα ελληνικά και όταν εκείνο έφτανε στην τελική φάση για προσγείωση τότε του έδιναν άδεια για προσγείωση, παρέχοντας του πληροφορίες για τον άνεμο, τον διάδρομο που είναι σε χρήση και για άλλη διερχόμενη κυκλοφορία. Στην δεύτερη συνθήκη (Έργο Ελέγχου 2 - EE2), οι ελεγκτές εκτέλεσαν ακριβώς το ίδιο έργο όπως και στην EE1, πάλι με ένα ελικόπτερο, με την μόνη διαφορά ότι τώρα οι συνομιλίες γίνονταν στα Αγγλικά. Στην τρίτη συνθήκη (Έργο Ελέγχου 3 - EE3), οι ελεγκτές έπρεπε να διατηρούν συνεχή οπτική επαφή με δύο ελικόπτερα που πετούσαν στον κύκλο του αεροδρομίου το ένα πίσω από το άλλο και έρχονταν διαδοχικά για προσγείωση στον διάδρομο. Πιο συγκεκριμένα, επικοινωνούσαν και με τα δύο ελικόπτερα στην συχνότητα και όταν το καθένα έφτανε στην τελική φάση για προσγείωση, τότε έδιναν διαδοχικά άδεια για προσγείωση, παρέχοντας τους πληροφορίες για τον άνεμο, τον διάδρομο που είναι σε χρήση και για άλλη διερχόμενη κυκλοφορία. Η τέταρτη συνθήκη (Έργο Ελέγχου 4 - EE4) ήταν ακριβώς όπως και η EE3, με τις συνομιλίες να γίνονται όμως στα Αγγλικά.

Η σειρά συμμετοχής των ατόμων στο πείραμα, καθώς και η σειρά εκτέλεσης των τεσσάρων συνθηκών του έργου ελέγχου έγιναν με τυχαία σειρά, χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό. Κάθε φάση του έργου ελέγχου διήρκησε περίπου 3 λεπτά, όσος και ο χρόνος που απαιτείται από ένα ελικόπτερο για έναν πλήρη κύκλο γύρω από το αεροδρόμιο, ενώ τα ελικόπτερα σε κάθε κύκλο του αεροδρομίου πετούσαν με σταθερή ταχύτητα. Έναρξη κάθε συνθήκης θεωρείται η απογείωση του ελικοπτερού, ενώ η λήξη της σηματοδοτείται με την προσγείωση του ελικοπτερού στο έδαφος. Στις συνθήκες όπου πετούν δύο ελικόπτερα έναρξη της φάσης θεωρείται η απογείωση του πρώτου ελικοπτερού και λήξη η προσγείωση του δεύτερου. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν κάθε συνθήκη του έργου ελέγχου από μία φορά. Το πείραμα διήρκησε 2 ημέρες, μεταξύ 08:00 και 14:00 και επιλέχθηκε οι δύο ημέρες να είναι διαδοχικές, ώστε να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά στις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, παράγοντας που πιθανόν να επηρέαζε τα αποτελέσματα του πειράματος. Για αυτόν τον σκοπό, οι ημέρες που πραγματοποιήθηκε το πείραμα επιλέχθηκαν βάσει της μετεωρολογικής πρόγνωσης της περιοχής του αεροδρομίου, από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.

Παράλληλα με το έργο στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν και ένα έργο παραγωγής χρονικού διαστήματος, χρησιμοποιώντας τον αεροπορικό εξοπλισμό που είναι εγκατεστημένος στον Πύργο Ελέγχου του αεροδρομίου και χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με τα ελικόπτερα. Πιο συγκεκριμένα, οι ελεγκτές κατά την επικοινωνία τους με τα ιπτάμενα μέσα χρησιμοποιούν μια συσκευή, όπου για όση ώρα μιλούν στον ελικόπτερο πρέπει να έχουν πατημένη την κλείδα εκπομπής και όταν τελειώσουν το μήνυμά τους, πρέπει να την αφήσουν ελεύθερη. Για τον σκοπό του πειράματος οι ελεγκτές παρήγαγαν διαφορετικά χρονικά διαστήματα που κυμαίνονταν από 25 έως 35 δευτερόλεπτα, με τυχαία σειρά, κρατώντας πατημένη την κλείδα της συσκευής για όση ώρα πίστευαν ότι διαρκεί το χρονικό διάστημα που τους ζητήθηκε. Σε κάθε μία από τις τέσσερις συνθήκες του έργου ελέγχου αντιστοιχούν δύο χρονικές παραγωγές. Η μία έγινε 15 δευτερόλεπτα μετά την απογείωση του ελικοπτερού στο στάδιο της πλοήγησης, όπου οι ελεγκτές απλά διατηρούσαν οπτική επαφή με το ιπτάμενο μέσο, χωρίς να έχουν επικοινωνία μαζί του ή να εκτελούν οποιαδήποτε άλλη εργασία. Σε εκείνο το σημείο οι ελεγκτές ενημερώνονταν προφορικά από τον πειραματιστή για το χρονικό διάστημα που έπρεπε να παράξουν, και έπειτα κρατούσαν πατημένη την κλείδα της αεροπορικής συσκευής για όσο χρόνο πίστευαν ότι διαρκεί το χρονικό διάστημα που τους είχε ζητηθεί. Η δεύτερη παραγωγή χρόνου έγινε στο στάδιο της προσγείωσης, όπου οι ελεγκτές μόλις το ελικόπτερο ζητούσε άδεια για προσγείωση πατούσαν την κλείδα για να εκφωνήσουν την άδεια, δίνοντας πληροφορίες για τον άνεμο, τον διάδρομο που είναι σε χρήση και για άλλη διερχόμενη κυκλοφορία. Η εκκίνηση της παραγωγής του χρονικού διαστήματος γινόταν με το πάτημα της κλείδας ταυτόχρονα με την εκφώνηση του μηνύματος και αφού τελείωναν το μήνυμά τους, συνέχιζαν να διατηρούν την κλείδα πατημένη, έως ότου πίστευαν ότι πέρασε το απαιτούμενο χρονικό διάστημα που τους είχε ζητηθεί. Το χρονικό διάστημα που έπρεπε να παράξουν δινόταν προφορικά από τον πειραματιστή, την στιγμή που το ελικόπτερο ζητούσε άδεια προσγείωσης. Μιας και όλες οι αεροπορικές συνομιλίες καταγράφονται, η χρονική διάρκεια που έμεινε η κλείδα πατημένη ανακτήθηκε με ακρίβεια δευτερολέπτου από τον καταγραφέα της υπηρεσίας.

### **Διαδικασία**

Πριν ξεκινήσει το πείραμα, οι ελεγκτές κάθισαν στη θέση εργασίας τους και τους δόθηκαν κατευθύνσεις για τη διαδικασία. Τοποθετήθηκε στον καθένα η συσκευή

μέτρησης καρδιακής και ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας Emotibit και απομακρύνθηκαν όλα τα ρολόγια από τον οπτικό τους πεδίο, ώστε να μην επηρεαστούν κατά τη διάρκεια του χρονικού έργου. Ενημερώθηκαν, ότι πρόκειται να εκτελεστεί ένα πείραμα, όπου μεταξύ άλλων θα τους ζητηθεί να παράξουν κάποια χρονικά διαστήματα και τους ζητήθηκε να υπογράψουν, εφόσον συναινούν, την φόρμα συγκατάθεσης σχετικά με τη συμμετοχή τους στο πείραμα. Διευκρινίστηκε πως δεν είναι καλή τακτική να ακολουθήσουν κάποια στρατηγική μέτρησης του χρόνου, καθώς αυτό θα επηρεάσει τα αποτελέσματα της μελέτης. Έπειτα, έλαβαν οδηγίες σχετικά με την εκτέλεση των έργων και συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο, όπου τους ζητήθηκαν πληροφορίες σχετικά με το ποια είναι η μητρική τους γλώσσα, ποιες άλλες γλώσσες γνωρίζουν και ποιο είναι το επίπεδο γνώσης και χρήσης των Αγγλικής γλώσσας.

Επόμενο βήμα ήταν η εκτέλεση των δύο ταυτόχρονων έργων, του έργου στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας και του έργου χρονισμού. Με την ολοκλήρωση κάθε συνθήκης στο έργο εναέριας κυκλοφορίας, και ενώ τα ιπτάμενα μέσα βρίσκονταν προσγειωμένα στον διάδρομο περιμένοντας την έναρξη της επόμενης συνθήκης, στους ελεγκτές χορηγήθηκε η κλίμακα NASA-TLX, ώστε να αξιολογηθεί ο υποκειμενικός νοητικός φόρτος που βίωσαν κατά την εκτέλεση του έργου ελέγχου που μόλις είχαν ολοκληρώσει. Επιπλέον πριν την έναρξη της επόμενης συνθήκης γινόταν προφορικά η παρακάτω ερώτηση: “Πόσο γρήγορα ή αργά αισθανθήκατε το πέρασμα του χρόνου στο διάστημα εκτέλεσης του έργου ελέγχου;” για να απαντήσουν προφορικά σε μια πενταβάθμια κλίμακα Likert, με τις διαθέσιμες επιλογές να είναι “Πολύ γρήγορα - Γρήγορα- Μέτρια- Αργά- Πολύ αργά”. Τέλος, πριν την έναρξη κάθε φάσης του έργου ελέγχου, καταγράφηκαν οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν εκείνη την στιγμή στο αεροδρόμιο. Υπήρξε μέριμνα, ώστε κάθε συνθήκη να είναι πανομοιότυπη, δεδομένου μάλιστα ότι το πείραμα διήρκεσε δύο διαδοχικές ημέρες.

### **Αποτελέσματα**

Για τον στατιστικό έλεγχο των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης SPSS. Από τον καταγραφέα του αεροδρομίου ανακτήθηκαν τα παραγόμενα χρονικά διαστήματα, δηλαδή οι χρονικές διάρκειες που οι ελεγκτές κράτησαν πατημένη την κλείδα στην συσκευή επικοινωνίας του Πύργου και στην συνέχεια, ενημερώθηκε η βάση δεδομένων του SPSS με τα δεδομένα του πειράματος. Για τον υπολογισμό της ακρίβειας των παραγόμενων χρονικών διαστημάτων

δημιουργήθηκε ένας λόγος παραγόμενου προς ζητούμενου χρονικού διαστήματος. Αν αυτός ο λόγος είναι μεγαλύτερος της μονάδας, αυτό σημαίνει ότι έγινε υπερεκτίμηση του χρονικού διαστήματος. Αντιθέτως, αν ο λόγος είναι μικρότερος της μονάδας σημαίνει ότι έγινε υποεκτίμηση του χρονικού διαστήματος.

Επιπλέον, για την επεξεργασία των δεδομένων της κλίμακας NASA-TLX υπολογίστηκε ο μέσος όρος των έξι υποκλιμάκων από τις οποίες αποτελείται. Για να ελεγχθεί αν οι συμμετέχοντες πράγματι αξιολόγησαν αντίστοιχα τις αλλαγές του νοητικού φόρτου στις διάφορες συνθήκες του έργου ελέγχου, έγιναν συσχετίσεις ανάμεσα στα αποτελέσματα της κλίμακας NASA-TLX και στους λόγους παραγόμενου προς ζητούμενου χρόνου για κάθε συνθήκη του πειράματος. Οι συσχετίσεις αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2.** Συσχετίσεις κλίμακας NASA-TLX και μέσων όρων ακρίβειας παραγωγής χρονικών διαστημάτων

		EE1 NASATLX	EE2 NASATLX	EE3 NASATLX	EE4 NASATLX
EE1 ακρίβεια	Pearson	-.028	.076	-.475	-.388
παραγωγής	Correlation				
χρονικών	Sig. (2-tailed)	.932	.815	.118	.213
διαστημάτων	N	12	12	12	12
EE2 ακρίβεια	Pearson	.083	.196	-.361	-.205
παραγωγής	Correlation				
χρονικών	Sig. (2-tailed)	.797	.541	.250	.523
διαστημάτων	N	12	12	12	12
EE3 ακρίβεια	Pearson	.443	.593*	.001	.176
παραγωγής	Correlation				
χρονικών	Sig. (2-tailed)	.149	.042	.998	.584
διαστημάτων	N	12	12	12	12
EE4 ακρίβεια	Pearson	.433	.585*	-.117	.007
παραγωγής	Correlation				
χρονικών	Sig. (2-tailed)	.159	.046	.717	.984
διαστημάτων	N	12	12	12	12

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Για τον έλεγχο των υποθέσεων έγινε δισδιάστατη ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (2-way Repeated Measures Anova) με τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές (αριθμός ελικοπτέρων, γλώσσα επικοινωνίας, στάδιο πτήσης), όπου η καθεμία είχε δύο επίπεδα (1 ή 2 ελικόπτερα, ελληνικά ή αγγλικά, πλοήγηση ή προσγείωση, αντίστοιχα). Δεδομένου ότι οι μεταβλητές έχουν μόνο δύο

επίπεδα, θεωρείται ότι η υπόθεση της σφαιρικότητας πληρείται σε όλες τις περιπτώσεις (Field, 2016).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική επίδραση της γλώσσας στην ακρίβεια παραγωγής χρονικών διαστημάτων  $F(1,11) = 35.093, p = .001, \eta p^2 = .761$ , όπου κατά τη χρήση της ελληνικής γλώσσας ο λόγος παραγόμενου προς ζητούμενο χρόνου ήταν μικρότερος ( $M = 1.017, SD = .024$ ) συγκριτικά με την χρήση των αγγλικών ( $M = 1.141, SD = .032$ ).

Δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική επίδραση του αριθμού των ελικοπτέρων στην ακρίβεια παραγωγής χρονικών διαστημάτων  $F(1,11) = 2.815, p = .122, \eta p^2 = .204$ , ωστόσο και σε αυτήν την περίπτωση, όταν οι ελεγκτές είχαν υπό τον έλεγχο τους ένα ελικόπτερο ο λόγος παραγόμενου προς ζητούμενο χρόνου ήταν μικρότερος ( $M = 1.07, SD = .025$ ) συγκριτικά με την συνθήκη που έλεγχαν δύο ελικόπτερα ( $M = 1.089, SD = .029$ ).

Υπήρχε στατιστικά σημαντική επίδραση του σταδίου πτήσης στην ακρίβεια παραγωγής χρονικών διαστημάτων  $F(1,11) = 60.188, p = .001, \eta p^2 = .845$ , όπου κατά το στάδιο της πλοήγησης του ελικοπτέρου ο λόγος παραγόμενου προς ζητούμενο χρόνο ήταν μικρότερος ( $M = 1.006, SD = .030$ ) συγκριτικά με το στάδιο προσγείωσης του ελικοπτέρου ( $M = 1.152, SD = .026$ ).

Επιπλέον, προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών γλώσσας και του σταδίου πτήσης στην ακρίβεια παραγωγής χρονικών διαστημάτων  $F(1,11) = 34.624, p = .001, \eta p^2 = .759$ . Συγκεκριμένα, όταν οι ελεγκτές μιλούσαν στα ελληνικά στο στάδιο της πλοήγησης, ο λόγος παραγόμενου προς ζητούμενο χρόνο ήταν μικρότερος ( $M = .989, SD = .024$ ) συγκριτικά με το στάδιο προσγείωσης του ελικοπτέρου ( $M = 1.045, SD = .026$ ), και όταν οι ελεγκτές μιλούσαν στα αγγλικά, ξανά ο συγκεκριμένος λόγος ήταν μικρότερος στο στάδιο της πλοήγησης ( $M = 1.024, SD = .039$ ) συγκριτικά με το στάδιο της προσγείωσης ( $M = 1.259, SD = .032$ ). Δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών γλώσσας και αριθμού ελικοπτέρων  $F(1,11) = .443, p = .519, \eta p^2 = .039$ , ούτε μεταξύ των μεταβλητών αριθμού ελικοπτέρων και σταδίου πτήσης  $F(1,11) = .457, p = .513, \eta p^2 = .040$ , ούτε μεταξύ των μεταβλητών γλώσσας, αριθμού ελικοπτέρων και σταδίου πτήσης  $F(1,11) = 1.515, p = .244, \eta p^2 = .121$ .

Για τον έλεγχο της πέμπτης υπόθεσης, έγινε έλεγχος t-test εξαρτημένων δειγμάτων (Paired Samples T-Test) με σκοπό να συγκριθούν οι μέσες τιμές της αίσθησης του χρόνου σε κάθε στάδιο του πειράματος. Η ανάλυση αυτή, σύμφωνα με τον πίνακα 3, έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο μεταξύ του ζεύγους σταδίων EE1 ( $M=2.08$ ,  $SD=.996$ ) και EE3 ( $M=4.00$ ,  $SD=.953$ );  $t(11)=-6.665$ ,  $p<.001$ , καθώς και του ζεύγους σταδίων EE2 ( $M=2.25$ ,  $SD=.866$ ) και EE4 ( $M=4.25$ ,  $SD=.866$ );  $t(11)=-8.124$ ,  $p<.001$ .

**Πίνακας 3.** Σύγκριση εντός υποκειμένων σχετικά με την αίσθηση περάσματος του χρόνου

		Paired Differences					Significance			
		Mean	Std. Deviation	Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper		t	df	One-Sided P	Two-Sided P
Ζεύγος 1	EE1Πέρασμα του χρόνου-EE2Πέρασμα του χρόνου	-.167	.577	.167	-.533	.200	-1.000	11	.169	.339
Ζεύγος 2	EE3Πέρασμα του χρόνου-EE4Πέρασμα του χρόνου	-.250	1.055	.305	-.920	.420	-.821	11	.215	.429
Ζεύγος 3	EE1Πέρασμα του χρόνου-EE3Πέρασμα του χρόνου	-1.917	.996	.288	-2.550	-1.284	-6.665	11	<.001	<.001
Ζεύγος 4	EE2Πέρασμα του χρόνου-EE4Πέρασμα του χρόνου	-2.000	.853	.246	-2.542	-1.458	-8.124	11	<.001	<.001

## Συζήτηση

### Συμπεράσματα

Το παρόν πείραμα διενεργήθηκε ώστε να ελεγχθεί αν θα μπορούσε η παραγωγή χρονικών διαστημάτων να λειτουργεί σαν ένας τρόπος μέτρησης του νοητικού φόρτου των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας. Ο χειρισμός του νοητικού φόρτου των ελεγκτών έγινε με την αύξηση των ελικοπτέρων από ένα σε δύο, την αλλαγή της ομιλίας από ελληνικά σε μη μητρική γλώσσα (αγγλικά) και με την μετάβαση από το στάδιο της πλοήγησης στο στάδιο της προσγείωσης. Ο νοητικός φόρτος μετρήθηκε μέσω της

κλίμακας NASA-TLX, αλλά και με την χρήση συσκευής μέτρησης φυσιολογικής δραστηριότητας. Παράλληλα, οι ελεγκτές έπρεπε να εκτελέσουν και ένα έργο παραγωγής χρονικών διαστημάτων, σύμφωνα με τις οδηγίες του πειραματιστή.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δίνει απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις που οδήγησαν στην εκπόνηση αυτής της μελέτης. Στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα, αναφορικά με το αν η γλώσσα επικοινωνίας οδηγεί σε διαφορές στην ακρίβεια παραγωγής των χρονικών διαστημάτων, η απάντηση είναι καταφατική και επιβεβαιώνει την υπόθεση, πως όταν οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας μιλούν στην μη μητρική τους γλώσσα θα παράγουν μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, συγκριτικά με την συνθήκη που μιλούν στην μητρική τους γλώσσα. Δεδομένου ότι η στατιστική ανάλυση των υποκειμενικών μετρήσεων του νοητικού φόρτου με την κλίμακα NASA-TLX δεν οδήγησε σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, η συγκεκριμένη σύνδεση βασίζεται στην υπόθεση ότι ο νοητικός φόρτος αυξάνεται με την ομιλία σε μια μη μητρική γλώσσα (Dornic, 1979·Wiese, 1984). Αυτή η παρατήρηση από την ανάλυση των δεδομένων είναι σημαντική κατά τον σχεδιασμό διαδικασιών στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας, ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή δημιουργίας μη διαχειρίσιμου νοητικού φόρτου στους ελεγκτές και κατ'επέκταση την πρόληψη λαθών, που πιθανόν να εκθέσουν τα ιπτάμενα μέσα, αλλά και τους επιβαίνοντες σε αυτά, σε κίνδυνο.

Από την άλλη μεριά, η προσπάθεια απάντησης του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος οδηγεί σε αντικρουόμενα συμπεράσματα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η αύξηση του αριθμού των ελικοπτέρων δεν καταλήγει σε στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ακρίβεια παραγωγής χρονικών διαστημάτων, σε αντίθεση με τα ευρήματα άλλων ερευνών (Collet κ.α., 2009·Langan-Fox κ.α., 2009), που παρουσιάζουν πως ο νοητικός φόρτος των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας αυξάνεται με την αύξηση των ιπτάμενων μέσων που έχει υπό τον έλεγχο του ο ελεγκτής. Παράλληλα όμως, τα αποτελέσματα από την αίσθηση για το πέρασμα του χρόνου έδειξαν ότι μόνο στην περίπτωση της αύξησης του αριθμού των ελικοπτέρων οι συμμετέχοντες αισθάνθηκαν ότι ο χρόνος περνούσε γρηγορότερα, ενώ κατά τον χειρισμό της μεταβλητής της γλώσσας, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αξίζει να σημειωθεί ωστόσο, ότι ακόμα και αν δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην παραγωγή χρονικών διαστημάτων, οι συμμετέχοντες παράγαγαν μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από τα ζητούμενα σχεδόν σε όλες τις συνθήκες αυξημένου νοητικού φόρτου.

Το γεγονός ότι ο αριθμός των ελικοπτέρων δεν βρέθηκε να επηρεάζει με στατιστικά σημαντικό τρόπο στην παραγωγή των χρονικών διαστημάτων δεν μειώνει την σημασία αυτής της μεταβλητής στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας, και στην συγκεκριμένη μελέτη θα μπορούσε να σχετίζεται με τον μικρό αριθμό του δείγματος που συμμετείχε στο πείραμα. Είναι αναμενόμενο, πως όσο αυξάνεται ο αριθμός των ιπτάμενων μέσων που έχει υπό τον έλεγχο του ο ελεγκτής, τόσο περισσότερο θα αυξάνεται και ο νοητικός φόρτος που συνοδεύεται από την εκτέλεση αυτού του έργου. Στην συγκεκριμένη μελέτη ωστόσο, αυτή η μεταβλητή φάνηκε να είχε στατιστική σημαντικότητα μόνο στην αίσθηση για το πέρασμα του χρόνου. Εκτιμάται ότι το συγκεκριμένο αποτέλεσμα παρουσιάστηκε πιθανόν από την εξοικείωση των ελεγκτών με τον συγκεκριμένο φόρτο εργασίας. Μιας και το δείγμα της μελέτης αποτελείται από άτομα με πολυετή εμπειρία στην συγκεκριμένη θέση εργασίας, πιθανόν ο αριθμός των ελικοπτέρων που τους ζητήθηκε να χειριστούν να μην απαιτούσε επιπλέον γνωστικούς πόρους, καθώς είναι ένα έργο το οποίο καλούνται να εκτελέσουν αρκετά συχνά.

Αναφορικά με το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, φάνηκε ότι στο στάδιο της πλοήγησης των ιπτάμενων μέσων οι ελεγκτές παρήγαγαν χρονικά διαστήματα με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με το στάδιο της προσγείωσης, γεγονός που καταδεικνύει την ιδιαιτερότητα αυτού του σταδίου της πτήσης, καθώς φαίνεται ότι σε εκείνη την φάση η νοητική επιβάρυνση των ελεγκτών είναι μεγαλύτερη, αφού πρέπει να δίνουν πληροφορίες και όχι απλά να επιτηρούν την πτήση. Αυτό το δεδομένο είναι σημαντικό, και για τους ίδιους τους ελεγκτές, οι οποίοι γνωρίζοντας τις γνωστικές απαιτήσεις του συγκεκριμένου σταδίου της πτήσης πρέπει να επιλέγουν την καταλληλότερη στρατηγική, αλλά και για τον σχεδιασμό των αεροπορικών επιχειρήσεων, ώστε αυτός να είναι κατάλληλος για αυτήν την ευαίσθητη φάση μιας πτήσης.

Σχετικά με το αν υπάρχει κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών της γλώσσας, του αριθμού ελικοπτέρων και του σταδίου πτήσης, η μόνη που ξεχώρισε με στατιστικά σημαντικό τρόπο ήταν εκείνη μεταξύ γλώσσας και σταδίου πτήσης. Για άλλη μία φορά η μεταβλητή του αριθμού των ελικοπτέρων δεν φάνηκε να επηρεάζει τα αποτελέσματα, ωστόσο είναι σημαντικό ότι στις περισσότερες περιπτώσεις που υπήρχε αύξηση του νοητικού φόρτου, οι συμμετέχοντες παρήγαγαν μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από τα ζητούμενα, έστω και αν δεν ήταν στατιστικώς σημαντικά.

Τέλος, αναφορικά με την αίσθηση για το πέρασμα του χρόνου φάνηκε πως μόνο η μεταβλητή του αριθμού των ελικοπτέρων επηρέαζε τις αξιολογήσεις των



συμμετεχόντων με στατιστικά σημαντικό τρόπο. Έτσι, στις συνθήκες που έλεγχαν δύο ελικόπτερα, είτε μιλώντας στα ελληνικά είτε στα αγγλικά, οι συμμετέχοντες αισθάνονταν ότι ο χρόνος κυλούσε γρηγορότερα συγκριτικά με τις συνθήκες που είχαν υπό τον έλεγχο τους μόνο ένα ελικόπτερο. Αυτό το δεδομένο υποστηρίζεται ευρέως από την βιβλιογραφία (Droit-Volet κ.α., 2013· Wearden, 2008), καθώς οδηγεί στην υπόθεση ότι οι ελεγκτές όταν μιλούσαν σε δύο ελικόπτερα βρίσκονταν σε μεγαλύτερη εγρήγορση. Ωστόσο, αυτή η εγρήγορση δεν αποτυπώθηκε ούτε με την κλίμακα NASA-TLX, αλλά ούτε και με την αναμενόμενη υπερπαραγωγή χρονικών διαστημάτων.

### **Περιορισμοί**

Η συγκεκριμένη μελέτη υπόκειται σε αρκετούς περιορισμούς δεδομένου του ιδιαίτερου αντικειμένου που στοχεύει να μελετήσει. Ένας από τους παράγοντες που χρήζουν περισσότερης ανάλυσης είναι ο αριθμός των συμμετεχόντων, ο οποίος αν ήταν διαφορετικός ίσως να οδηγούσε και σε διαφορετικά συμπεράσματα. Επίσης, το ρεαλιστικό περιβάλλον που πραγματοποιήθηκε το πείραμα δεν επέτρεψε έναν πιο δραστικό χειρισμό της μεταβλητής του νοητικού φόρτου, καθώς αυτό πιθανόν να έθετε σε κίνδυνο την ασφάλεια των πτητικών μέσων. Ως εκ τούτου, ο αριθμός των ελικοπτέρων που είχαν να διαχειριστούν οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας που συμμετείχαν στο πείραμα δεν ήταν ικανός να αυξήσει τον νοητικό τους φόρτο, κάτι που φάνηκε και από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Επιπλέον, σε επίπεδο μεθοδολογικού σχεδιασμού, η απουσία ομάδας ελέγχου ήταν ένα περιοριστικό στοιχείο, το οποίο αν η μελέτη είχε δομηθεί διαφορετικά, ίσως να έδινε την δυνατότητα να ελεγχθεί η πιθανότητα το ίδιο το έργο χρονισμού να αυξάνει τον νοητικό φόρτο του έργου ελέγχου. Η ίδια πιθανότητα θα μπορούσε να εξεταστεί αν είχε διενεργηθεί προηγουμένως μία πιλοτική έρευνα, η οποία στην παρούσα συνθήκη απουσίαζε.

Ένας ακόμα παράγοντας που συνετέλεσε περιοριστικά ήταν η χρήση της υποκειμενικής κλίμακας αξιολόγησης του νοητικού φόρτου NASA-TLX, η οποία αν και είναι εύκολη στην χορήγηση της, χωρίς απαραίτητο εξοπλισμό και ιδιαίτερη προηγούμενη εκπαίδευση για τους συμμετέχοντες, συχνά δεν είναι τόσο ευαίσθητη στον εντοπισμό αλλαγών στο επίπεδο του νοητικού φόρτου των συμμετεχόντων, καθώς πολύ συχνά τα άτομα δεν θυμούνται με λεπτομέρεια τι βίωσαν ή υπόκεινται σε γνωστικούς περιορισμούς (Hart & Staveland, 1988). Για την αντιμετώπιση αυτού του μειονεκτήματος έγιναν παράλληλα και μετρήσεις της ηλεκτροφυσιολογικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων με την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού. Τα

δεδομένα ωστόσο αυτών των μετρήσεων, που αναμφίβολα θα ενίσχυαν τα συμπεράσματα του πειράματος, δεν συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα εργασία, με την προοπτική της ανάλυσής τους στο μέλλον.

Τέλος, η αδυναμία ελέγχου όλων των μεταβλητών, στις οποίες πιθανόν να εκτέθηκαν οι συμμετέχοντες, όπως για παράδειγμα η συναισθηματική τους κατάσταση ή η ποιότητα του ύπνου τους ήταν ένας περιοριστικός παράγοντας, μιας και η διενέργεια ενός τέτοιου πειράματος σε έναν πραγματικό χώρο εργασίας δεν προσομοιάζει σε καμία περίπτωση τις συνθήκες που επικρατούν σε ένα πειραματικό εργαστήριο.

### **Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Στο μέλλον θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον μια αντίστοιχη μελέτη να γίνει σε ένα αεροδρόμιο το οποίο να υποστηρίζει μεγαλύτερη πτητική δραστηριότητα, πληρώντας τις απαιτούμενες διατάξεις ασφαλείας, ώστε να μελετηθεί πιο ενδελεχώς, αφενός η επίδραση της μεταβλητής του αριθμού των ιπτάμενων μέσων στον νοητικό φόρτου που βιώνουν οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας, και αφετέρου το δείγμα της μελέτης να είναι μεγαλύτερο σε αριθμό.

Επίσης, θα ήταν χρήσιμο ο συγκεκριμένος ερευνητικός σχεδιασμός να εφαρμοζόταν σε ένα περιβάλλον προσομοιωτή, όπου εκεί όχι μόνο δεν θα υπήρχε ο περιορισμός των διατάξεων ασφαλείας που ισχύουν στα αεροδρόμια, αλλά και οι συνθήκες εκτέλεσης του πειράματος θα ήταν πανομοιότυπες για όλους τους συμμετέχοντες. Μια επιπλέον ενδιαφέρουσα εκδοχή του πειράματος που θα άξιζε να πραγματοποιηθεί μελλοντικά είναι να υπάρξει ένα διαφορετικό έργο χρονικής αντίληψης, που να εμπλέκει ίσως και άλλα αισθητηριακά κανάλια για να μελετηθεί το φαινόμενο σε ένα πιο σφαιρικό πλαίσιο. Τέλος, σε κάποια μελλοντική εκτέλεση του πειράματος θα είχε νόημα να μελετηθούν πέρα από την ακρίβεια της παραγωγής των χρονικών διαστημάτων, και άλλου είδους πληροφορίες όπως οι απόλυτες διαφορές ανάμεσα σε παραγόμενο και ζητούμενο χρόνο, τα απόλυτα λάθη ή ο συντελεστής διακύμανσης των χρονικών παραγωγών (Vatakis κ.α., 2018), παράμετροι οι οποίες δεν μετρήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

## Βιβλιογραφία

- Arico, P., Borghini, G., Di Flumeri, G., Bonelli, S., Golfetti, A., Graziani, I., Pozzi, S., Imbert, J.-P., Granger, G., Benhacene, R., Schaefer, D., & Babiloni, F. (2017). Human factors and neurophysiological metrics in air traffic control: A critical review. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 10, 250–263. <https://doi.org/10.1109/RBME.2017.2694142>
- Berndtsson, J., & Normark, M. (1999). The coordinative functions of flight strips: Air traffic control work revisited. In *Proceedings of the international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work* (pp. 101-110).
- Block, R. A., & Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4(2), 184-197.
- Boschen, A. C., & Jones, R. K. (2004, September). Aviation language problem: Improving pilot-controller communication. *International Professional Communication Conference, 2004. IPCC 2004. Proceedings* (pp. 291-299).
- Cain, B. 2007. A review of the mental workload literature (*NATO Report No. RTO-TR-HFM-121-Part-II*). Toronto, Canada: Defence Research and Development.
- Casali, J. G., & Wierwille, W. W. (1983). A comparison of rating scale, secondary-task, physiological, and primary-task workload estimation techniques in a simulated flight task emphasizing communications load. *Human factors*, 25(6), 623-641
- Church, R. M. (1984). Properties of the internal clock. *Annals of the New York Academy of sciences*.
- Collet, C., Averty, P., & Dittmar, A. (2009). Autonomic nervous system and subjective ratings of strain in air-traffic control. *Applied ergonomics*, 40(1), 23-32.
- Di Flumeri, G., De Crescenzo, F., Berberian, B., Ohneiser, O., Kramer, J., Aricò, P., Borghini, G., Babiloni, F., Bagassi, S., & Piastra, S. (2019). Brain-computer interface-based adaptive automation to prevent out-of-the-loop phenomenon in air traffic controllers dealing with highly automated systems. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 296. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00296>
- Dornic, S. (1979). Information processing in bilinguals: Some selected issues. *Psychological Research*, 40(4), 329-348.
- Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in cognitive sciences*, 11(12), 504-513.
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. H. (2015). Experience Sampling Methodology reveals similarities in the experience of passage of time in young and elderly adults. *Acta Psychologica*, 156, 77-82.
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. (2016). Passage of time judgments are not duration judgments: Evidence from a study using experience sampling methodology. *Frontiers in psychology*, 7, 176.
- Droit-Volet, S. (2017). Time dilation in children and adults: The idea of a slower internal clock in young children tested with different click frequencies. *Behavioural processes*, 138, 152-159.
- Edwards, T., Gabets, C., Mercer, J., & Bienert, N. (2017). Task demand variation in air traffic control: implications for workload, fatigue, and performance. *Advances in human aspects of transportation* (pp. 91-102). Springer, Cham.

- Eggemeier, F. T., Wilson, G. F., Kramer, A. F., & Damos, D. L. (2020). Workload assessment in multi-task environments. *Multiple-task performance* (pp. 207-216). CRC Press.
- Estival, D., & Molesworth, B. (2016). Native English speakers and EL2 pilots. *Aviation English: A lingua franca for pilots and air traffic controllers*, 140.
- Finomore, V., Matthews, G., Shaw, T., & Warm, J. (2009). Predicting vigilance: A fresh look at an old problem. *Ergonomics*, 52(7), 791-808.
- Fortin, C. (2003). Break expectancy and attentional time-sharing in time estimation. In W. H. Meck (Ed.), *Functional and neural mechanisms of interval timing*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of sciences*, 423(1), 52-77.
- Gopher, D and Donchin, E. (1986). "Workload: An examination of the concept," *Handbook of Perception and Human Performance, Volume 2: Cognitive Processes and Performance*. Oxford, England: Wiley, pp. 1-49.
- Grant, R. C., Carswell, C. M., Lio, C. H., & Seales, W. B. (2013). Measuring surgeons' mental workload with a time-based secondary task. *Ergonomics in Design*, 21(1), 7-11.
- Grier, R. A. (2015, September). How high is high? A meta-analysis of NASA-TLX global workload scores. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 59, No. 1, pp. 1727-1731)*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Hart, S. G., McPherson, D., & Loomis, L. L. (1978, November). Time estimation as a secondary task to measure workload: summary of research. *NASA. Ames Res. Center The 14th Ann. Conf. on Manual Control*.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in psychology* (Vol. 52, pp. 139-183). North-Holland.
- Hart, S. G. (2006, October). NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting (Vol. 50, No. 9, pp. 904-908)*. Sage CA: Los Angeles, CA: Sage publications.
- Hasegawa, M., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (2002). An fMRI study of bilingual sentence comprehension and workload. *Neuroimage*, 15(3), 647-660.
- Hendy, K. C., Hamilton, K. M., & Landry, L. N. (1993). Measuring subjective workload: when is one scale better than many?. *Human Factors*, 35(4), 579-601.
- Hilburn, B., & Flynn, G. (2005). Modeling cognitive complexity in air traffic control. *Human Factors and Aerospace Safety*, 5(5).
- Inoue, S., Furuta, K., Nakata, K., Kanno, T., Aoyama, H., & Brown, M. (2012). Cognitive process modelling of controllers in en route air traffic control. *Ergonomics*, 55(4), 450-464.

- Ivry, R. B., & Spencer, R. M. (2004). The neural representation of time. *Current opinion in neurobiology*, 14(2), 225-232
- Johnson, A., & Proctor, R. W. (2004). *Attention: Theory and practice*. Sage.
- Kagerer, F. A., Wittmann, M., Szelag, E., & Steinbüchel, N. V. (2002). Cortical involvement in temporal reproduction: evidence for differential roles of the hemispheres. *Neuropsychologia*, 40(3), 357-366.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063, pp. 218-226). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kantowitz, B. H., & Knight Jr, J. L. (1976). Testing tapping timesharing, II: Auditory secondary task. *Acta Psychologica*, 40(5), 343-362.
- Koda, K. (2005). *Insights into second language reading: A cross-linguistic approach*. Cambridge University Press.
- Kontogiannis, T., & Malakis, S. (2017). *Cognitive engineering and safety organization in air traffic management*. CRC Press.
- Kramer, A. F. (2020). Physiological metrics of mental workload: A review of recent progress. *Multiple-task performance*, 279-328.
- Langan-Fox, J., Sankey, M. J., & Canty, J. M. (2009). Human factors measurement for future air traffic control systems. *Human factors*, 51(5), 595-637.
- Licht, D., Morganti, J. B., Nehrke, M. F., & Heiman, G. (1986). Mediators of estimates of brief time intervals in elderly domiciled males. *The International Journal of Aging and Human Development*, 21(3), 211-225.
- Lin, Y. (2021). Spoken instruction understanding in air traffic control: Challenge, technique, and application. *Aerospace*, 8(3), 65.
- Lio, C. H., Bailey, K., Carswell, C. M., Seales, W. B., Clarke, D., & Payton, G. M. (2006, October). Time estimation as a measure of mental workload during the training of laparoscopic skills. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 50, No. 17, pp. 1910-1913). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Loura, J. (2014). Human factors and workload in air traffic control operations-a review of literature. *International Journal of Management and Social Sciences Research*, 3(3), 1-5.
- Maeng, S., & Itoh, M. (2021). Task Modeling in Air Traffic Control With Trajectorized en-Route Traffic Data Processing System. *54th International Symposium on Aviation Psychology* (p. 244).
- Malakis, S., Kontogiannis, T., & Kirwan, B. (2010). Managing emergencies and abnormal situations in air traffic control (part I): Taskwork strategies. *Applied ergonomics*, 41(4), 620-627.
- Mandal, S., & Kang, Z. (2018). Using Eye Movement Data Visualization to Enhance Training of Air Traffic Controllers: A Dynamic Network Approach. *Journal of eye movement research*, 11(4), 10.16910/jemr.11.4.1. <https://doi.org/10.16910/jemr.11.4.1>
- Megaw, T. (2005). The definition and measurement of mental workload. *Evaluation of human work*, 3, 541-542.

- Meister, D.; Gawron, V. 2010. Measurement in Aviation Systems, in J. A. Wise, D. Hopkin, D. J. Garland (Eds.). *Handbook of aviation human factors*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 3.1–3.15.
- Mella, N., Conty, L., & Pouthas, V. (2011). The role of physiological arousal in time perception: psychophysiological evidence from an emotion regulation paradigm. *Brain and cognition*, 75(2), 182-187
- Mioni, G., Stablum, F., McClintock, S. M., & Grondin, S. (2014). Different methods for reproducing time, different results. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(3), 675-681.
- National Research Council. (1997). *Flight to the future: Human factors in air traffic control*. National Academies Press.
- Nygren, T. E. (1991). Psychometric properties of subjective workload measurement techniques: Implications for their use in the assessment of perceived mental workload. *Human factors*, 33(1), 17-33.
- O'Donnell, R.D. and Eggemeier, F.T. Workload assessment methodology. In Boff, K.R., Kaufman, L. and Thomas, J.P. (Eds.) *Handbook of perception and human performance*. New York: Wiley and Sons, 1986.
- Paielli, R. A., & Erzberger, H. (2019). Trajectory Specification for Terminal Air Traffic Control: Conflict Detection and Resolution. *Journal of air transportation (Reston, Va.)*, 27(2), 51–60. <https://doi.org/10.2514/1.D0132>
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 30(3), 286-297.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2008). Situation awareness, mental workload, and trust in automation: Viable, empirically supported cognitive engineering constructs. *Journal of cognitive engineering and decision making*, 2(2), 140-160.
- Perbal-Hatif, S. (2022). A neuropsychological approach to time estimation. *Dialogues in clinical neuroscience*.
- Ribas, V. R., Martins, H. A. D. L., Amorim, G. G., Ribas, R. D. M. G., Almeida, C. Â. V. D., Ribas, V. R., Castro, R. M. D. (2010). Air traffic control activity increases attention capacity in air traffic controllers. *Dementia & Neuropsychologia*, 4, 250-255.
- Rubio, S., Díaz, E., Martín, J., & Puente, J. M. (2004). Evaluation of subjective mental workload: A comparison of SWAT, NASA-TLX, and workload profile methods. *Applied psychology*, 53(1), 61-86.
- Schmitter-Edgecombe, M., & Rueda, A. D. (2008). Time estimation and episodic memory following traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(2), 212-223.
- Schumacher, E. H., Seymour, T. L., Glass, J. M., Fencsik, D. E., Lauber, E. J., Kieras, D. E., & Meyer, D. E. (2001). Virtually perfect time sharing in dual-task performance: Uncorking the central cognitive bottleneck. *Psychological science*, 12(2), 101-108.
- Shaw, C., & Aggleton, J. P. (1994). The ability of amnesic subjects to estimate time intervals. *Neuropsychologia*, 32(7), 857-873.

- Slocum, G. K., Williges, B. H., Roscoe, S. N. (1971). Meaningful shape coding for aircraft switch knobs. *Aviation Research Monographs*, 1(3), 27-40.
- Tiewtrakul, T., & Fletcher, S. R. (2010). The challenge of regional accents for aviation English language proficiency standards: A study of difficulties in understanding in air traffic control–pilot communications. *Ergonomics*, 53(2), 229-239.
- Truschzinski, M., Valtin, G., & Müller, N. H. (2017, July). Investigating the Influence of Emotion in Air Traffic Controller Tasks: Pretest Evaluation. *International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics* (pp. 220-231). Springer, Cham.
- Tsang, P. S., & Vidulich, M. A. (2006). Mental workload and situation awareness.
- Van Orden, K. F., Limbert, W., Makeig, S., & Jung, T. P. (2001). Eye activity correlates of workload during a visuospatial memory task. *Human factors*, 43(1), 111-121.
- Van Roon, A. M., Mulder, L. J., Althaus, M., & Mulder, G. (2004). Introducing a baroreflex model for studying cardiovascular effects of mental workload. *Psychophysiology*, 41(6), 961-981.
- Vatakis, A., Balci, F., Di Luca, M., & Correa, Á. (2018). Timing and time perception: Procedures, measures, & applications. <https://doi.org/10.1163/9789004280205>
- Vogt, J., Hagemann, T., & Kastner, M. (2006). The impact of workload on heart rate and blood pressure in en-route and tower air traffic control. *Journal of psychophysiology*, 20(4), 297.
- Wearden, J. H. (2003). Applying the scalar timing model to human time psychology: Progress and challenges. *Time and mind II: Information processing perspectives*, 21-39.
- Wickens, C. D. 1991. Processing resources and attention, in D. L. Damos (Ed.). *Multiple-task performance*. Boca Raton, FL: CRC Press, 3–34.
- Wickens, C. D., & Liu, Y. (1988). Codes and modalities in multiple resources: A success and a qualification. *Human factors*, 30(5), 599-616.
- Wickens, C., & Colcombe, A. (2007). Dual-task performance consequences of imperfect alerting associated with a cockpit display of traffic information. *Human factors*, 49(5), 839-850.
- Wickens, C. D. (2008). Multiple resources and mental workload. *Human factors*, 50(3), 449-455.
- Wickens, C. D., Helton, W. S., Hollands, J. G., & Banbury, S. (2021). *Engineering psychology and human performance*. Routledge.
- Wierwille, W. W., & Connor, S. A. (1983). Evaluation of 20 workload measures using a psychomotor task in a moving-base aircraft simulator. *Human factors*, 25(1), 1-16.
- Wiese, R. (1984). Language production in foreign and native languages: Same or different. *Second language productions*, 11-25.
- Williges, R. C., & Wierwille, W. W. (1979). Behavioral measures of aircrew mental workload. *Human Factors*, 21(5), 549-574.
- Wittmann, M., & Paulus, M. P. (2008). Decision making, impulsivity and time perception. *Trends in cognitive sciences*, 12(1), 7-12.

- Wittmann, M. (2009). The inner experience of time. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1525), 1955-1967.
- Wu, Y., Edwards, J., Cooney, O., Bleakley, A., Doyle, P. R., Clark L. Cowan, B. R. (2020, July). Mental workload and language production in non-native speaker IPA interaction. *Proceedings of the 2nd Conference on Conversational User Interfaces* (pp. 1-8).
- Zakay, D., & Block, R. A. (1995). An attentional-gate model of prospective time estimation. *Time and the dynamic control of behavior*, 5, 167-178.
- Zakay, D., & Shub, J. (1998). Concurrent duration production as a workload measure. *Ergonomics*, 41(8), 1115-1128.



