

ΠΑΝΤΕΙΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

---

PANTEION UNIVERSITY OF SOCIAL AND POLITICAL SCIENCES



ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

“ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ”

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ:

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ

Αξιολόγηση της χρονικής αντίληψης  
και έλεγχος της συσχέτισης με την απόδοση σε μνημονική  
δοκιμασία με τη χρήση παιχνιδιού εικονικής πραγματικότητας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ειρήνη Αλεξιάδου

ΑΘΗΝΑ 2021

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Ψυχολογίας του Παντείου Πανεπιστημίου, κα Αργυρώ Βατάκη, η οποία είχε την κύρια επίβλεψη της παρούσας εργασίας, για τη συνεργασία, τη συνεχή καθοδήγηση και τις εποικοδομητικές συζητήσεις κατά τη διάρκεια της συγγραφής. Αισθάνομαι πολύ τυχερή που συνεργάστηκα μαζί της και θα ήθελα ολόψυχα να την ευχαριστήσω για την προθυμία, τη συμπαράσταση, τις παρατηρήσεις, τις προτάσεις και τις ουσιαστικές, πάντοτε υποδείξεις καθόλη τη διάρκεια της συγγραφής. Η στήριξη της μου έδινε την απαραίτητη ώθηση για να συνεχίσω την προσπάθεια μου σε κάθε στάδιο της εργασίας. Επιπλέον μεσολάβησε στην επικοινωνία με την εταιρεία κατασκευής του εργαλείου αξιολόγησης των επιτελικών λειτουργιών (Nesplora, behavior and technology) και στην επίλυση προβλημάτων σε αυτό το επίπεδο, ενώ παρείχε υλικό (εξοπλισμό και λογισμικό) για τις μετρήσεις της χρονικής αντίληψης.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στην κα Καζή Σμαράγδα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Ψυχολογίας του Παντείου Πανεπιστημίου, για όλα όσα με δίδαξε κατά τη διάρκεια των μαθημάτων. Χαίρομαι πολύ που μου δόθηκε η ευκαιρία να τη γνωρίσω.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω στον υπέρτατο βαθμό την ψυχολόγο Βασιλική Μητρούσια, συμφοιτήτρια μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα για την παραχώρηση του χώρου, του γραφείου της, όπου έγινε τελικά η διεξαγωγή της έρευνας με τις απαραίτητες προδιαγραφές.

Επιπλέον, δεν θα μπορούσα να παραλείψω την συμφοιτήτρια μου στο μεταπτυχιακό, Μαίρη Πάνου, για την συνεργασία σε μέρη της πειραματικής διαδικασίας και για την συλλογή του δείγματος της έρευνας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, την αδερφή μου και το σύντροφό μου που η αμέριστη στήριξη και αγάπη τους έχουν καθορίσει τη μέχρι τώρα πορεία μου.

# Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	5
Abstract.....	7
1. Εισαγωγή.....	8
1.1 Υποκειμενική αντίληψη του χρόνου .....	8
1.2 Χρονική αντίληψη- Τα επικρατέστερα μοντέλα .....	10
1.3 Η σύνδεση της χρονικής αντίληψης με τη μνήμη εργασίας.....	13
1.4 Μέθοδος αξιολόγησης του χρόνου: Το έργο χρονικής διχοτόμησης.....	14
1.5 Η γνωστική διεργασία της μνήμης εργασίας.....	16
1.6 Η σύνδεση της χρονικής αντίληψης με τη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας.....	23
1.7 Μέθοδος αξιολόγησης της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας.....	25
1.8 Σκοπός.....	27
1.9 Υποθέσεις.....	27
2. Μέθοδος .....	28
2.1 Συμμετέχοντες.....	28
2.2 Πειραματικές συνθήκες.....	28
2.3 Πρώτο έργο .....	29
2.3.1 Έργο χρονικής διχοτόμησης.....	29
2.3.2 Σχεδιασμός.....	30
2.3.3 Διαδικασία.....	30
2.4 Δεύτερο έργο .....	30
2.4.1 Nesplora VR CPT game.....	30
2.4.2 Σχεδιασμός.....	31
2.4.3 Διαδικασία.....	32

3. Αποτελέσματα.....	33
4. Συζήτηση.....	37
4.1. Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	37
4.2 Περιορισμοί.....	39
4.3 Προτάσεις.....	40
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	43

### **Εικόνες**

**Εικόνα 1.** Το γραφικό περιβάλλον του Nesplora VR CPT Suite .....30

**Εικόνα 2.** Εξοπλισμός Nesplora VR CPT ..... 31

### **Διαγράμματα**

**Διάγραμμα 1.** Αποτελέσματα συσχέτισης ανάμεσα στο συνολικό άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora Suite) και στο σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE) για τις τρεις τροπικότητες..... 33

**Διάγραμμα 2.** Αποτελέσματα συσχέτισης ανάμεσα στο συνολικό άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora Suite) και του κλάσματος του Weber (WR) για τις τρεις τροπικότητες ..... 35

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία προσπαθεί να αναζητήσει άμεσες συσχετίσεις της μνήμης εργασίας με την αντίληψη του χρόνου ερεθισμάτων διαφόρων τύπων (ακουστικά, οπτικά και οπτικοακουστικά). Συγκεκριμένα, επιχειρεί να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας συσχετίζεται με τα επίπεδα ευαισθησίας στην αντίληψη του χρόνου και την αντίληψη της διάρκειας ενός ερεθίσματος. Ως θεωρητικό πλαίσιο, έχει επιλεγθεί το επικρατέστερο μέχρι στιγμής μοντέλο αντίληψης του χρόνου (Μοντέλο Πύλης της Προσοχής- Attentional Gate Model), αναζητώντας περαιτέρω στοιχεία για τον ρόλο του και τον τρόπο λειτουργίας του κατά τη διαδικασία κρίσης του υποκειμενικού χρόνου. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο μοντέλο, η μεταφορά του συνολικού αριθμού των χρονικών παλμών από τον βηματοδότη ρυθμίζεται από την γνωστική διεργασία της προσοχής και η μνήμη εργασίας λειτουργεί ως συσσωρευτής, ο οποίος συγκρατεί το συνολικό αριθμό των χρονικών παλμών. Η σύνδεση των παραπάνω διεργασιών με την εμπειρία της χρονικής διάρκειας επιβεβαιώνεται από μια σειρά εμπειρικών ευρημάτων. Προκειμένου να εξαχθούν δεδομένα για την γνωστική διεργασία της μνήμης εργασίας και συγκεκριμένα για το ρόλο της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας, χρησιμοποιήθηκε ένα τεστ συνεχούς απόδοσης (Continuous Performance Test), σε μορφή παιχνιδιού, σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality), το οποίο στη συνέχεια συνδυάστηκε με δεδομένα που προέρχονται από ένα τεστ αντίληψης της διάρκειας του χρόνου (bisection task), τόσο μονοαισθητηριακών (οπτικών και ακουστικών), όσο και πολυαισθητηριακών ερεθισμάτων (οπτικοακουστικών). Πράγματι, βρέθηκαν συσχετίσεις μεταξύ του έργου αξιολόγησης της μνήμης εργασίας και του τεστ αντίληψης της διάρκειας του χρόνου, που υποδεικνύουν ότι η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας φαίνεται να συσχετίζεται με τη χρονική αντίληψη των ερεθισμάτων και την εκτίμηση της διάρκειας τους. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης σειράς πειραμάτων μπορεί να αποτελέσουν τη βάση για μια αναλυτικότερη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της διεργασίας της μνήμης εργασίας και της αντίληψης του χρόνου. Ειδικότερα, με τη βοήθεια σύγχρονου τεχνολογικού εξοπλισμού, η διεργασία της μνήμης εργασίας μπορεί να αναλυθεί ξεχωριστά και σε μεγαλύτερη έκταση, γεγονός που θα συμβάλει σημαντικά στη διερεύνηση του πολύπαραγοντικού τομέα της αντίληψης του υποκειμενικού χρόνου.

**Λέξεις κλειδιά:** Χρονική Αντίληψη, Χωρητικότητα Μνήμης Εργασίας, Μοντέλο Πύλης της Προσοχής, Τεστ Συνεχούς Απόδοσης, Εικονική Πραγματικότητα

## **Abstract**

This thesis attempts to encapsulate and associate basic components that contribute to the direct correlation of working memory with the temporal perception of various stimuli (audio, visual and audiovisual). In particular, it attempts to investigate how the capacity of working memory correlates with timing sensitivity and the duration perception of a stimulus. As a theoretical framework, the most prevalent model of time perception (Attentional Gate Model) has been selected, with an eye to attain further information about its role and how it works in the process of judging subjective time. According to this model, the transfer of the total number of time pulses from the pacemaker to the accumulator is regulated by the cognitive process of attention and the working memory acts as an accumulator, which holds the total number of time pulses. The connection of the above processes with the experience of time duration is confirmed by a series of empirical findings. In order to extract data for the cognitive process of working memory and specifically on the role of working memory capacity, a Virtual Reality Continuous Performance Test was used, which was then combined with data derived from a temporal bisection task with both unisensory (visual and auditory) and multisensory stimuli (audiovisual). Indeed, correlations were found between the working memory task and the duration perception test, suggesting that working memory capacity appears to affect stimulus temporal perception and estimation of duration. The results from this series of experiments can be the basis for a more detailed investigation of the relationship between the process of working memory, temporal perception and duration estimation. In particular, with the contribution of modern technological equipment, the process of working memory can be analyzed separately and to a greater extent, which will significantly contribute to the investigation of the multi-factor field of the perception of subjective time.

**Keywords:** Time Perception, Working Memory Capacity, Attentional Gate Model, Continuous Performance Test, Virtual Reality

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Υποκειμενική αντίληψη του χρόνου

Η αντίληψη του χρόνου αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της ανθρώπινης εμπειρίας καθώς είναι απαραίτητη για την επιβίωση και την καθημερινή συμπεριφορά του ατόμου (Buhusi & Meck, 2005· Poppel, 1997· Wittmann 1999). Αν και τα χρονικά διαστήματα εκτιμώνται βάσει της αντιληπτικής τους διάρκειας, το ανθρώπινο σώμα δε διαθέτει κάποιο αισθητήριο όργανο για το πέρασμα του χρόνου. Ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της συνειδητής εμπειρίας είναι η χρονική συνέχεια από τη μία στιγμή στην άλλη (Poppel, 1997). Ο James (1890) σημείωσε ότι η χρονική συνέχεια αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη ροή της συνείδησης. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της χρονικής συνέχειας είναι ότι μπορούμε να κάνουμε προβλέψεις για μελλοντικά γεγονότα βασιζόμενοι σε στατιστικά στοιχεία από την προηγούμενη εμπειρία μας, επιτρέποντας έτσι την ύπαρξη αντιληπτικής σταθερότητας (Kiebel, Daunizeau & Friston, 2008). Η εκμάθηση του ρυθμού ενός τραγουδιού ή η προσαρμογή της ταχύτητας με την οποία μιλάει κάποιος για την καλύτερη κατανόησή του, αποτελούν επίσης παραδείγματα της συγκεκριμένης ικανότητας. Η ικανότητα προσαρμογής στις αλλαγές του χρονικού πλαισίου εξαρτάται από την υποκειμενική αντίληψή του χρόνου (Ossmy κ.α., 2013· Rohenkohl, Cravo, Wyart & Nobre, 2012). Αν και το πέρασμα του χρόνου μπορεί να μετρηθεί με ένα ρολόι, η υποκειμενική αντίληψη του χρόνου φαίνεται να λειτουργεί με μέτρα σχετικότητας. Πολλοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν το άτομο έτσι ώστε εκείνο να αισθάνεται ότι ο χρόνος «τρέχει» ή «σταματάει», κατά την επεξεργασία των χρονικών πληροφοριών. Η επεξεργασία των χρονικών πληροφοριών αναφέρεται στην αντίληψη των χρονικών ιδιοτήτων μιας εμπειρίας, που επιτρέπουν στον παρατηρητή να εκτιμήσει τη διάρκεια του χρόνου που πέρασε (Nittrouer, 1999).

Η ψυχολογική έρευνα υποστηρίζει ότι, γνωστικές διεργασίες όπως η προσοχή, η μνήμη εργασίας και η μακρόχρονη μνήμη καθορίζουν τις χρονικές εκτιμήσεις (Brown, 1997· Taatgen, van Rijn, & Anderson, 2007· Zakay & Block, 2004). Σύμφωνα με τα μοντέλα εσωτερικού ρολογιού (Gibbon, Church, & Meck, 1984· Treisman κ.α., 1990· Zakay & Block, 1996), καθεμία από τις γνωστικές διεργασίες συμβάλλει σε ξεχωριστό λειτουργικό επίπεδο, στην αντίληψη της χρονικής διάρκειας.



Ένας σημαντικός αριθμός μελετών υποδηλώνει ότι οι διάφοροι τύποι πληροφοριών, όπως οι χωρικές πληροφορίες ή εκείνες που αφορούν στην αναγνώριση αντικειμένων, ενώ προέρχονται από διαφορετικές τροπικότητες, υποβάλλονται σε πολυαισθητηριακή επεξεργασία στην μνήμη εργασίας (Farah, Hammond, Levine & Calvanio 1988· Mecklinger & Pfeifer, 1996· Newcombe, Ratcliff & Damasio, 1987· Ruchkin κ.α., 1997· Smith κ.α., 1995· Tresch, Sinnamon & Seamon, 1993· Ungerleider & Mishkin, 1982· Wilson, OScalaidhe & Goldman-Rakic, 1993). Ωστόσο, είναι λιγότερο σαφές, εάν η επεξεργασία των χρονικών πληροφοριών είναι πολυαισθητηριακή. Οι χρονικές πληροφορίες που κωδικοποιούνται στη μνήμη εργασίας αφορούν δύο διαστάσεις: τη χρονική σειρά και τη χρονική διάρκεια. Η αντίληψη της χρονικής σειράς συνδέεται με την ανίχνευση των διαφόρων γεγονότων του φυσικού κόσμου. Η αντίληψη της χρονικής διάρκειας αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την βίωση σημαντικών εμπειριών, όπως είναι η διαδοχικότητα και η δυνατότητα διάκρισης του παρελθόντος από το παρόν και το μέλλον (Nichelli, 1993). Η εκτίμηση της χρονικής διάρκειας διακρίνεται σε προοπτική και αναδρομική (James, 1890· Zakay & Block, 2004). Κατά την προοπτική εκτίμηση, ο παρατηρητής εκτιμά την διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος το οποίο βιώνει στο παρόν. Αντίθετα, κατά την αναδρομική εκτίμηση, ο παρατηρητής εκτιμά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος το οποίο έχει παρέλθει.

Τα μοντέλα της προοπτικής εκτίμησης του χρόνου υποστηρίζουν ότι ένα «εσωτερικό ρολόι» διαθέτει έναν βηματοδότη που παράγει μία ακολουθία χρονικών μονάδων, οι οποίες τροφοδοτούνται σε έναν συσσωρευτή (Church, 1984· Treisman κ.α., 1990). Σύμφωνα με μια παραλλαγή των μοντέλων «βηματοδότη- συσσωρευτή», οι μονάδες του χρόνου που παράγονται καταγράφονται μόνο όταν η προσοχή είναι εστιασμένη στο χρόνο. Συγκεκριμένα, το μοντέλο της πύλης της προσοχής (Zakay & Block, 1997) ενσωματώνει τις περισσότερες θεωρίες εσωτερικού ρολογιού, επιβεβαιώνοντας ότι ο νους «μετράει» παλμούς, παράλληλα όμως προσθέτει την «πύλη της προσοχής», η οποία ελέγχει τον αριθμό των παλμών που μπορούν να εισέλθουν στον γνωστικό μετρητή. Όταν εστιάζεται περισσότερη προσοχή στην χρονική επεξεργασία, η πύλη της προσοχής διευρύνεται και εισέρχονται περισσότεροι παλμοί, με αποτέλεσμα την ακριβέστερη χρονική εκτίμηση. Αντίθετα, όταν δίνεται περισσότερη προσοχή στην επεξεργασία των μη χρονικών πληροφοριών, η πύλη της

προσοχής περιορίζεται, επιτρέποντας λιγότερους παλμούς να εισέλθουν, με αποτέλεσμα την εσφαλμένη αντίληψη του χρόνου.

Η προοπτική αντίληψη του χρόνου είναι πάντοτε ένα διπλό έργο δεδομένου ότι ο παρατηρητής πρέπει να κατανέμει την προσοχή του ανάμεσα σε χρονικές και μη διεργασίες (Grondin & Macar, 1992· Taatgen, van Rijn, & Anderson, 2007). Ο αριθμός των χρονικών μονάδων που καταγράφεται κατά τη διάρκεια μιας φυσικής χρονικής περιόδου αποθηκεύεται αρχικά στη μνήμη εργασίας και στη συνέχεια συγκρίνεται με τις χρονικές αναπαραστάσεις που είναι αποθηκευμένες στη μακρόχρονη μνήμη (Pouthas & Perbal, 2004· Wearden, 2004).

## **1.2 Χρονική αντίληψη- Τα επικρατέστερα μοντέλα**

Η έρευνα στο πεδίο έχει εστιάσει κυρίως στα μοντέλα επεξεργασίας των πληροφοριών (Matthews & Meck, 2016). Στην βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί και ως υπολογιστικά μοντέλα, τα περισσότερα εκ των οποίων έχουν εστιάσει στην αντίληψη της διάρκειας. Η παλαιότερη προσέγγιση για την χρονική αντίληψη, η οποία άσκησε και τη μεγαλύτερη επιρροή, είναι εκείνη που περιλαμβάνει τα μοντέλα που έχουν σχεδιαστεί για να αναπαραστήσουν την διάρκεια, τα μοντέλα δηλαδή που ακολουθούν μια προσέγγιση επεξεργασίας των πληροφοριών, όπου οι παλμοί που παράγονται από έναν βηματοδότη τακτικά αποθηκεύονται σε έναν συσσωρευτή παρόμοιο με ρολόι. Άλλα μοντέλα υποθέτουν μια μονότονη αυξανόμενη ή μειωμένη επεξεργασία για να κωδικοποιήσουν τον χρόνο που έχει περάσει (Maniadakis & Trahanias, 2014). Φαίνεται, λοιπόν, ότι τα μοντέλα για την αντίληψη του χρόνου μπορούν να διακριθούν σε μοντέλα με χρονομετρητή που προτείνουν το μηχανισμό ενός βηματοδότη και μοντέλα χωρίς χρονομετρητή που προτείνουν ότι ο ψυχολογικός χρόνος κατασκευάζεται από ήδη επεξεργασμένες και αποθηκευμένες πληροφορίες (Zakay & Block, 1996).

Ένα από τα πρώτα μοντέλα χρονικής αντίληψης με χρονομετρητή που περιγράφηκαν πρότεινε την ύπαρξη ενός εσωτερικού ρολογιού που επηρεάζει την εκτίμηση της διάρκειας και περιλαμβάνει έναν βηματοδότη που παράγει μια σταθερή σειρά παλμών και έναν μετρητή που καταγράφει τη συνολική σειρά παλμών, καταγραφή που στη συνέχεια μεταφέρεται και αποθηκεύεται στη μακρόχρονη μνήμη και σε ένα συγκριτικό μηχανισμό και εκεί με λεκτική επιλογή των τίτλων των διάφορων χρονικών διαστημάτων γίνεται η αντιστοίχιση (Treisman, 1963).

Σε παρόμοια λογική, ένα άλλο μοντέλο χρονικής αντίληψης με χρονομετρητή είναι εκείνο που βασίζεται στην θεωρία της κλιμακωτής προσδοκίας (scalar expectancy theory) και προτείνει ένα εσωτερικό ρολόι, αποθήκες μνήμης και έναν μηχανισμό λήψης αποφάσεων (Droit-Volet, 2003). Η θεωρία αυτή προτείνει ότι το υλικό των χρονικών εκτιμήσεων προέρχεται από αυτό το εσωτερικό ρολόι που περιλαμβάνει βηματοδότη και συσσωρευτή και βασίζεται στις διαδικασίες σύγκρισης και μνήμης (Droit-Volet & Wearden, 2001). Η συγκεκριμένη θεωρία αποτέλεσε το κυρίαρχο μοντέλο για την προσδοκώμενη αντίληψη του χρόνου προτείνοντας τη λειτουργία του ρολογιού με το βηματοδότη, το συσσωρευτή, το διακόπτη προσοχής και τις διαδικασίες μνήμης, αλλά αργότερα διαμορφώθηκε με βάση το μοντέλο της «πύλης προσοχής» που στη θέση του διακόπτη προτείνει μια πύλη της οποίας το εύρος προσαρμόζεται με βάση την προσοχή που αφιερώνεται στο χρόνο (Ogden, Salominaite, Jones, Fisk & Montgomery, 2011).

Στο μεταγενέστερο «μοντέλο της πύλης προσοχής», όπου επισημαίνεται ο ρόλος της προσοχής στην αντίληψη του χρόνου, το εσωτερικό ρολόι έχει επίσης τον βηματοδότη, έναν διακόπτη και τον συσσωρευτή. Η αντιλαμβανόμενη διάρκεια μεταφέρεται στο συσσωρευτή και από εκεί στη μνήμη εργασίας όπου συγκρίνεται και με τις αναπαραστάσεις της μακρόχρονης μνήμης (Zakay & Block, 1996). Το μοντέλο της «πύλης προσοχής» (attentional-gate model) υποστηρίχθηκε σε μια προσπάθεια συνδυασμού των προηγούμενων μοντέλων και προτείνει την ύπαρξη μιας πύλης, δηλαδή ενός γνωστικού μηχανισμού που ελέγχεται από την εστίαση της προσοχής στο χρόνο και έτσι όσο ένα υποκείμενο εστιάζει την προσοχή του στο χρόνο η πύλη παραμένει ανοιχτή. Με άλλα λόγια το μοντέλο περιλαμβάνει, πέρα από το βηματοδότη, το διακόπτη και τον συσσωρευτή, ένα ακόμα στοιχείο, την πύλη προσοχής (Droit-Volet, 2003).

Ο βηματοδότης παράγει παλμούς με έναν ρυθμό που επηρεάζεται από τη γενική (π.χ. κερκαδιανή) και την συγκεκριμένη (π.χ. προκαλούμενη από το ερέθισμα) εγρήγορση. Η πύλη προσοχής ανοίγει πιο συχνά και έτσι επιτρέπει σε περισσότερους παλμούς να μεταφέρονται από το βηματοδότη στον γνωστικό μετρητή όταν ο χρόνος είναι σημαντικός και σχετικός και ειδικά σε περιπτώσεις προσδοκώμενης αντίληψης. Όταν ο χρόνος είναι άσχετος ή σε περιπτώσεις αναδρομικής αντίληψης η πύλη στενεύει επιτρέποντας σε λιγότερους παλμούς να μεταφέρονται. Οι κρίσεις διάρκειας περιλαμβάνουν τη μέτρηση των συνολικών παλμών που συσσωρεύονται στον

γνωστικό μετρητή, κάτι που πιθανόν απαιτεί επίσης πόρους προσοχής. Ακόμη υπάρχει ένας διακόπτης που ανοίγει ή κλείνει την δίοδο μεταφοράς προς τον μετρητή αναλόγως με το χρονικό νόημα του ερεθίσματος (Zakay & Block, 1996). Ο διακόπτης, που υπάρχει για να εξηγεί την εξάρτηση της χρονικής αντίληψης από άλλους συναφείς παράγοντες -εφόσον εξαρτάται από ένα σύστημα νοηματοδότησης και τα ίδια σήματα μπορεί να επηρεάζουν την εκτίμηση της διάρκειας σε διαφορετικά πλαίσια με διαφορετικό τρόπο σύμφωνα με το νόημα που προσδίδεται στο ερέθισμα σε κάθε διαφορετικό πλαίσιο- κλείνει όταν ο οργανισμός αντιλαμβάνεται την έναρξη ενός σχετικού διαστήματος και ανοίγει όταν αντιλαμβάνεται τον τερματισμό ενός σχετικού χρονικού διαστήματος προλαμβάνοντας την είσοδο πρόσθετων παλμών στο συσσωρευτή. Όταν απαιτείται μια εκτίμηση ή απάντηση το σύνολο των παλμών από το μετρητή μεταφέρεται στην μνήμη εργασίας. Η λειτουργία του διακόπτη μπορεί να επηρεαστεί από την προσοχή (Droit-Volet, 2003).

Οι ερευνητές αναφέρουν ότι στην αντίληψη του χρόνου παίζουν ρόλο και άλλοι συναφείς παράγοντες όπως το αν είναι αναδρομική ή προσδοκώμενη η εκτίμηση του χρόνου, η μέθοδος εκτίμησης (σύγκριση, λεκτική εκτίμηση, παραγωγή ή αναπαραγωγή λόγου), οι περιβαλλοντικές συνθήκες, το γνωστικό πλαίσιο και το φορτίο ερεθισμάτων στη διαδικασία της επεξεργασίας των πληροφοριών κατά τη διάρκεια ενός διαστήματος καθώς και η σημασία του χρόνου για ένα υποκείμενο (Zakay & Block, 1996).

Τα γνωστικά μοντέλα της χρονικής αντίληψης προτείνουν δύο μηχανισμούς που θα μπορούσαν να αυξάνουν τον αριθμό των παλμών που συγκεντρώνονται σε έναν συσσωρευτή: α. η αυξημένη προσοχή στο χρόνο-στο πέρασμα του χρόνου, σε αντίθεση με τη διάσπαση της προσοχής, οδηγεί σε μια συσσώρευση παλμών στη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, β. μια -σχετική με την επαγρύπνηση- αύξηση των παλμών που παράγονται από τον βηματοδότη οδηγεί σε μια πιο γρήγορη συσσώρευση των χρονικών μονάδων στη διάρκεια του χρόνου (Wittmann & Paulus, 2007).

### 1.3 Η σύνδεση της χρονικής αντίληψης με τη μνήμη εργασίας

Από το «μοντέλο της πύλης προσοχής», στην παρούσα μελέτη, επιλέχθηκε το στοιχείο της μνήμης εργασίας, προκειμένου να διερευνηθεί η σύνδεση της χρονικής αντίληψης με τη γνωστική λειτουργία του ατόμου.

Ένας σημαντικός αριθμός ερευνητικών δεδομένων υποστηρίζει ότι η γνωστική λειτουργία του ατόμου διαμορφώνει την αντίληψη της χρονικής διάρκειας (Lu, Hodges, Zhang & Zhang, 2009· Matthews, 2011· Matthews, Stewart, & Wearden 2011· Pariyadath & Eagleman, 2008· Yeshurun & Marom, 2008). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το “μοντέλο της πύλης της προσοχής”, η διεργασία της μνήμης εργασίας μπορεί να επηρεάσει την αντίληψη του χρόνου και έχει επίδραση στο στάδιο της προσωρινής αποθήκευσης των χρονικών παλμών προκειμένου εκείνοι να συγκριθούν στη συνέχεια με τις χρονικές αναπαραστάσεις που είναι αποθηκευμένες στη μακρόχρονη μνήμη (Pouthas & Perbal, 2004· Wearden, 2004).

Σύμφωνα με τον Polti και τους συνεργάτες του (2018), τόσο η προσοχή όσο και το φορτίο της μνήμης εργασίας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αντίληψη της χρονικής διάρκειας. Συγκεκριμένα, όταν η προσοχή είναι εστιασμένη στο πέρασμα του χρόνου, η αντιληπτή διάρκεια αυξάνεται ενώ όταν η προσοχή αποσπάται από το πέρασμα του χρόνου, η αντιληπτή διάρκεια μειώνεται. Η επίδραση της προσοχής δεν κλιμακώνεται με τη διάρκεια. Αντίθετα, το φορτίο της μνήμης εργασίας οδηγεί παραμετρικά στην υποεκτίμηση της διάρκειας και η επίδραση αυτή κλιμακώνεται με τη διάρκεια. Η επίδραση του φορτίου της μνήμης εργασίας στην εκτίμηση της διάρκειας φανερώνει το σημαντικό ρόλο της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας στην διατήρηση και τον χειρισμό των χρονικών πληροφοριών προκειμένου να υποστηριχθεί το σύνθετο φαινόμενο της χρονικής αντίληψης (Kane, Conway, Hambrick & Engle, 2007). Επιπρόσθετες μελέτες (Gu, van Rijn, & Meck, 2015) υποστηρίζουν την «εκ των άνω προς τα κάτω» επίδραση του γνωστικού περιεχομένου της μνήμης εργασίας στην αντιληπτική εμπειρία της χρονικής διάρκειας. Ομοίως, οι Pan (2010) και Soto και συν. (2008) υποστηρίζουν την ενεργή παρεμβολή του περιεχομένου της μνήμης εργασίας στην αντίληψη της χρονικής διάρκειας.

#### 1.4 Μέθοδος αξιολόγησης του χρόνου: Το έργο χρονικής διχοτόμησης

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την αξιολόγηση της χρονικής αντίληψης (Grondin, 2010). Οι πιο συνηθισμένοι είναι: η κινητική αναπαραγωγή χρόνου/ διάρκειας, η κινητική κρούση και η διάκριση χρονικής διάρκειας. Ωστόσο, τα έργα κινητικής αναπαραγωγής χρόνου/ διάρκειας και κινητικής κρούσης δεν αξιολογούν μόνο την χρονική αντίληψη αλλά αφορούν και στον συντονισμό ματιού- χεριού (Yang κ.α., 2007). Από την άλλη, τα έργα διάκρισης της χρονικής διάρκειας σχετίζονται αποκλειστικά με τη διερεύνηση της χρονικής διάρκειας, καθώς ζητείται από τον συμμετέχοντα να διακρίνει ποιο από τα δύο διαδοχικά ερεθίσματα έχει τη μεγαλύτερη διάρκεια.

Συγκεκριμένα, κατά την διεξαγωγή έργων χρονικής διάκρισης, ζητείται από τους συμμετέχοντες να συγκρίνουν δύο ή τρία διαδοχικά διαστήματα (διάρκειας χιλιοστών δευτερολέπτου ή δευτερολέπτου). Το κενό μεταξύ τους είναι πολύ μικρό. Οι συμμετέχοντες πρέπει να συγκρατήσουν προσωρινά το ερέθισμα που παρουσιάστηκε πρώτο, έπειτα να περιμένουν για το δεύτερο ή τελευταίο ερέθισμα προκειμένου να μπορέσουν να τα συγκρίνουν. Αυτό το είδος λειτουργικής μεθόδου προσομοιάζει τη λειτουργία της μνήμης εργασίας (Baddeley, 1998· Goldman-Rakic, 1995). Μελέτες έχουν καταδείξει ότι τα έργα χρονικής διάκρισης σχετίζονται με τη μνήμη εργασίας (Pouthas & Perbal, 2004· Radonovich & Mostofsky, 2004· Sonuga-Barke, Bitsakou, & Thompson, 2010· Toplak κ.α., 2003).

Πιο αναλυτικά, το έργο χρονικής διχοτόμησης αποτελεί μία μέθοδο χρονικής διάκρισης που επιλέγεται στην πειραματική έρευνα (Matthews & Meck, 2016). Στην συγκεκριμένη έρευνα, επιλέχθηκε καθώς μπορεί να δώσει το σημείο διαχωρισμού, αυτό που στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE= point of subjective equality). Το σημείο υποκειμενικής ισότητας φανερώνει το σημείο (ενός εύρους διαρκειών) στο οποίο ένα συγκρινόμενο ερέθισμα κρίνεται ότι έχει την ίδια διάρκεια με το πρότυπο. Επομένως, τα χαμηλότερα σημεία (PSEs) υπονοούν ότι η υποκειμενική εμπειρία της σύγκρισης είναι μεγαλύτερη εφόσον πρέπει να παρουσιαστεί μόνο για ένα μικρό διάστημα για να μοιάζει τόσο μεγάλο όσο το πρότυπο (Matthews & Meck, 2016). Στα χρονικά έργα διαχωρισμού, οι συμμετέχοντες λαμβάνουν αρχικά επαναλαμβανόμενες παρουσιάσεις δύο πρότυπων ερεθισμάτων διάρκειας (που αναγνωρίζονται ως μικρά ή μεγάλα χρονικά διαστήματα με ανατροφοδότηση προκειμένου να εδραιωθεί αυτή η διάκριση) και έπειτα καλούνται να

κατηγοριοποιήσουν ένα πλήθος χρονικών διαρκειών οι οποίες είναι είτε ίσης διάρκειας με τα μεγάλα και τα μικρά πρότυπα είτε ενδιάμεσης διάρκειας, ανάλογα με το πόσο μοιάζουν στα πρότυπα διαστήματα (Droit-Volet, 2003· Droit-Volet & Wearden, 2001· Gautier & Droit-Volet, 2002). Στην περίπτωση του διαχωρισμού το ερέθισμα που μόλις παρουσιάστηκε υποτίθεται πως αποθηκεύεται στη μνήμη εργασίας του συσσωρευτή του ρολογιού όπου συγκρίνεται με τις μικρές και τις μεγάλες χρονικές διάρκειες που βρίσκονται ήδη αποθηκευμένες στη μακρόχρονη μνήμη (Droit-Volet & Wearden, 2001). Εκτός από το σημείο υποκειμενικής ισότητας (point of subjective equality), το χρονικό έργο διαχωρισμού καθιστά εφικτή και την ανάδειξη ενός ακόμη δείκτη χρονικής αντίληψης, εκείνον της χρονικής ευαισθησίας, ο οποίος ονομάζεται κλάσμα του Weber (Droit-Volet & Zelanti, 2013· Vicario, 2013).

Η αντίληψη του χρόνου αποτελεί συνάρτηση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις γνωστικές διεργασίες και τη συναισθηματική διάθεση του ατόμου. Επιπρόσθετα, η αντιληπτή διάρκεια ενός ερεθίσματος τροποποιείται από το πλαίσιο στο οποίο εκείνο παρουσιάζεται. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι διαστρεβλώσεις της χρονικής διάρκειας που προκαλούνται λόγω της πολυαισθητηριακής ενσωμάτωσης, της προσαρμογής της διάρκειας και του μεροληπτικού ανταγωνισμού.

Η πολυαισθητηριακή ενσωμάτωση παρατηρείται όταν η αντιληπτή διάρκεια ενός οπτικού ερεθίσματος μεταβάλλεται προς την κατεύθυνση της διάρκειας ενός ταυτόχρονα παρουσιαζόμενου, αλλά φυσικά διακριτού, ακουστικού ερεθίσματος (Chen & Yeh, 2009· Klink, Montijn & van Wezel, 2011). Η προσαρμογή της διάρκειας αφορά στην σταθεροποίηση της διάρκειας ενός τρέχοντος αισθητηριακού γεγονότος. Μετά την επίδραση της προσαρμογής, η αντίληψη παύει να επιδρά στην διάρκεια (Heron κ.α., 2012; Walker· Irion, & Gordon, 1981). Σύμφωνα με τον μεροληπτικό ανταγωνισμό κατά τη διεργασία της προσοχής, το περιεχόμενο της μνήμης εργασίας παρέχει σήματα ανατροφοδότησης από τις ανώτερες περιοχές του φλοιού στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό, ενισχύοντας τη δραστηριότητα των νευρώνων που σχετίζονται με την αντιληπτική ανάλυση ερεθισμάτων που αντιστοιχούν στο περιεχόμενο της μνήμης εργασίας και παράλληλα καταστέλλοντας τις νευρωνικές αποκρίσεις που αφορούν στα ερεθίσματα που δεν ανταποκρίνονται στο περιεχόμενο της μνήμης εργασίας (Desimone, 1996· Desimone & Duncan, 1995).



## 1.5 Η γνωστική διεργασία της μνήμης εργασίας

Προκειμένου να διατηρηθούν τα στοιχεία που έχουν επιλεχθεί από την προσοχή, απαιτείται ένας συγκεκριμένος μηχανισμός. Ο μηχανισμός αυτός είναι η μνήμη εργασίας. Ο όρος μνήμη εργασίας αναφέρεται στη διεργασία της προσωρινής αποθήκευσης και του χειρισμού των πληροφοριών (Baddeley, 1998). Η μνήμη εργασίας περιλαμβάνει τα στάδια της κωδικοποίησης, της διατήρησης και της ανάκτησης. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Unsworth και Engle (2007), η μνήμη εργασίας είναι απαραίτητη για τη διατήρηση των νεοεισερχόμενων πληροφοριών σε μια κατάσταση αυξημένης δραστηριότητας, προκειμένου να διακριθούν οι σχετικές με το έργο πληροφορίες και να παρεμποδιστεί η παρεμβολή των μη σχετικών. Επομένως, η μνήμη εργασίας δεν αφορά την ενθύμηση καθαυτή, αλλά αντικατοπτρίζει μια γενικότερη ικανότητα ελέγχου της προσοχής και της κατωφερούς γνώσης (Broadway & Engle, 2011b).

Ο Oberauer (2009) περιγράφει αναλυτικά την εμπλοκή της μνήμης εργασίας στο συσχετισμό στοιχείων. Συγκεκριμένα, ο Oberauer (2009) υποστηρίζει ότι η μνήμη εργασίας αποτελεί ένα σύστημα που είναι ικανό να σχηματίζει και να διατηρήσει νέες δομικές αναπαραστάσεις, δημιουργώντας συσχετίσεις και διατηρώντας προσωρινές προσδέσεις ανάμεσα στο περιεχόμενο (αντικείμενα, γεγονότα, λέξεις) και το συγκείμενο/ πλαίσιο. Πειραματικά ευρήματα, υποδηλώνουν ότι η πρόσδεση των αισθητικών αναπαραστάσεων, η ενεργή κωδικοποίηση, η διατήρηση και η ανάκτηση των νοητικών "αντικειμένων" από τη μνήμη εργασίας, εξαρτώνται από τον συγχρονισμό πολλαπλών τοπικών νευρωνικών συναρμολογήσεων, διαφορετικών χρονικών κλιμάκων (ταλαντώσεις), ενσωματωμένων στην ίδια λειτουργική ιεραρχία (Fingelkurts, Fingelkurts, & Neves, 2010· Monto, 2012). Υποστηρίζοντας τις τυχαίες προσδέσεις διαφόρων περιεχομένων και πλαισίων, η μνήμη εργασίας επιτρέπει τη σύνθεση της σκέψης και τη δημιουργία ενός θεωρητικά απεριόριστου αριθμού διαφορετικών ιδεών. Η πρόσδεση του περιεχομένου με το πλαίσιο επιτρέπει την αναπαράσταση αντικειμένων και γεγονότων σε ένα χωρικό και χρονικό σύστημα (συντεταγμένων).

Πρόσφατα ευρήματα που υποστηρίζουν ότι η μνήμη εργασίας εμπλέκεται στην κατασκευή μελλοντικών γεγονότων παρέχονται από τον Hill και Emery (2013). Συγκεκριμένα, ξεκινώντας από την παρατήρηση ότι, αντίθετα με την παρελθούσα επεισοδιακή ανάκληση, η οποία απαιτεί την ανακατασκευή των στοιχείων ενός



προγενέστερου γεγονότος, η μελλοντική σκέψη εξαρτάται από τη σύνθεση των επεισοδιακών λεπτομερειών για τη δημιουργία ενός υποθετικού γεγονότος (Addis & Schacter, 2011). Η ανάγκη για σύνθεση υποδηλώνει ότι η κατασκευή ενός μελλοντικού γεγονότος εμπεριέχει πρόσθετες γνωστικές και νευρωνικές διεργασίες οι οποίες δεν εμπλέκονται στην ανακατασκευή της αυτοβιογραφικής μνήμης. Η παρατηρούμενη εμπλοκή τόσο του προμετωπιαίου όσο και του ιπποκάμπου στην κατασκευή μελλοντικών γεγονότων (Addis, Wong & Schacter, 2007), καθώς και η συμμετοχή του διαχειριστή επεισοδίων της μνήμης εργασίας στην προοπτική «περιπλάνηση του νου» (Baird, Smallwood & Schooler, 2011) και στον ανασυνδυασμό σημασιολογικών προσωπικών πληροφοριών (D'Argembeau & Mathy, 2011) και πληροφοριών από πολλαπλές τροπικότητες (Szpunar, Chan & Mc Dermott, 2009), υποδηλώνουν ότι ένας συνδυασμός εκτελεστικών λειτουργιών και λειτουργιών μνημονικής πρόσδεσης μπορεί να συμβάλει σε αυτή την εποικοδομητική διαδικασία.

Ο συσχετισμός/ πρόσδεση πληροφοριών από πολλαπλές τροπικότητες καθίσταται δυνατός χάρη στην πολυαισθητηριακή επεξεργασία. Η πολυαισθητηριακή επεξεργασία αναφέρεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ των σημάτων που φθάνουν σχεδόν ταυτόχρονα από διαφορετικές τροπικότητες. Αυτό σημαίνει ότι η επεξεργασία των πληροφοριών μίας τροπικότητας μπορεί να επηρεάσει την επεξεργασία των πληροφοριών μίας άλλης. Οι πληροφορίες από διαφορετικές τροπικότητες συνδυάζονται σε ένα ενιαίο πολυαισθητηριακό γεγονός, μέσω μιας διαδικασίας που είναι γνωστή ως πολυαισθητηριακή ολοκλήρωση. Η πολυαισθητηριακή ολοκλήρωση, αφορά επομένως τη νευρωνική διαδικασία κατά την οποία συνδυάζονται τα μονοαισθητηριακά σήματα για να σχηματίσουν ένα νέο προϊόν ή αναπαράσταση (Stein κ.α., 2010).

Σύμφωνα με τους Bloom και Lazeron (1988), η ενσωμάτωση των πληροφοριών από τις διάφορες αισθήσεις συμβαίνει αφότου ολοκληρωθεί η αρχική αισθητηριακή επεξεργασία. Ωστόσο, νεότερα ευρήματα προτείνουν ότι η πολυαισθητηριακή ολοκλήρωση είναι περισσότερο σύνθετη ως διεργασία. Ενδεικτικά, ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες υποστηρίζουν ότι οι πολυαισθητηριακές αλληλεπιδράσεις μπορεί να πραγματοποιούνται ήδη από τα 40ms μετά την παρουσίαση ερεθισμάτων, πολύ νωρίτερα δηλαδή από ότι αρχικά θεωρήθηκε δυνατό (Giard & Péronnet, 1999· Molholm κ.α., 2002). Αυτός ο τύπος επεξεργασίας είναι γνωστός ως “εκ των άνω προς τα κάτω” ή ως κατωφερής επεξεργασία και σχετίζεται με την

επιλεκτική προσοχή. Όταν βρισκόμαστε σε ένα σύνθετο περιβάλλον με πολλά διαφορετικά ερεθίσματα που ανταγωνίζονται για επεξεργασία, είναι αναγκαία η εστίαση της προσοχής σε ερεθίσματα που σχετίζονται με το έργο, έτσι ώστε να ισχυροποιηθεί η αναπαράστασή τους στο νευρικό σύστημα. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται καθώς οι ανώτερες περιοχές του εγκεφάλου, μέσω των κατωφερών συνδέσεων “δίνουν εντολή” για επεξεργασία στα κατώτερα αντιληπτικά κέντρα (Corbetta & Shulman, 2002). Γίνεται σαφές ότι η εσωτερική αναπαράσταση του εξωτερικού περιβάλλοντος ενημερώνεται συνεχώς από τα αισθητηριακά ερεθίσματα. Ωστόσο, η αισθητηριακή επεξεργασία ρυθμίζεται/ τροποποιείται με βάση τις προβλέψεις των εσωτερικών αναπαραστάσεων. Πιο αναλυτικά, οι κατωφερείς συνδέσεις του εγκεφάλου συνθέτουν την αιτιακή δομή του εξωτερικού κόσμου, ενώ οι ανωφερείς συνδέσεις παρέχουν ανατροφοδότηση σχετικά με τα σφάλματα πρόβλεψης από τις ανώτερες περιοχές (Friston, 2005). Τα σφάλματα πρόβλεψης οδηγούν επομένως σε ισχυρές προσαρμογές των εσωτερικών αναπαραστάσεων και των κατωφερών συνδέσεων.

Ένα θεωρητικό πλαίσιο που έχει ασκήσει επιρροή και μπορεί να εξηγήσει την πολυπλοκότητα των αλληλελεπιδράσεων ανάμεσα στις κατωφερείς και τις ανωφερείς διεργασίες, είναι εκείνο της προγνωστικής κωδικοποίησης (predictive coding). Η προγνωστική κωδικοποίηση υποστηρίζει ότι ο εγκέφαλος παράγει μία μπεϋζιανή εκτίμηση του περιβάλλοντος (Friston, 2010), σύμφωνα με την οποία τα στοχαστικά μοντέλα του περιβάλλοντος ανανεώνονται διαρκώς από την συνεχή επεξεργασία των αισθητηριακών πληροφοριών. Συγκεκριμένα, οι ανώτερες εγκεφαλικές περιοχές παρέχουν στις κατώτερες περιοχές προβλέψεις (ή σύμφωνα με μπεϋζιανούς όρους “εκκινητές”) που επηρεάζουν την επεξεργασία της αισθητηριακής πληροφορίας. Η αναντιστοιχία ανάμεσα στην πρόβλεψη και την πραγματική αισθητηριακή εισροή οδηγεί στη συνέχεια στην ενημέρωση του εσωτερικού μοντέλου. Έτσι, όταν βρισκόμαστε σε ένα σύνθετο περιβάλλον, η ασυμφωνία μεταξύ των κατωφερών προβλέψεων και της νεοεισερχόμενης πληροφορίας μπορεί να επηρεάσει την εισροή των ερεθισμάτων. Επομένως, οι νεοεισερχόμενες πληροφορίες επιδρούν στις προβλέψεις και το αντίστροφο, καθώς οι κατωφερείς και οι ανωφερείς πληροφορίες αλληλεπιδρούν συνεχώς μεταξύ τους (Anastasio, Patton & Belkacem-Boussaid, 2000· Deneve & Pouget, 2004).

Σημαντική απόρροια της εφαρμογής της θεωρίας της προγνωστικής κωδικοποίησης είναι το γεγονός ότι η εσωτερική αναπαράσταση δεν προκύπτει αποκλειστικά από την άμεση αισθητηριακή εισροή, αλλά ενημερώνεται επίσης από τις αποθηκευμένες στη μνήμη πληροφορίες. Ακόμη, η θεωρία της προγνωστικής κωδικοποίησης μπορεί να εξηγήσει γιατί η μνήμη εργασίας είναι πολυτροπική σε ορισμένες περιπτώσεις και μονοτροπική σε άλλες. Συγκεκριμένα, ο Postle (2006) ισχυρίστηκε ότι η μνήμη εργασίας είναι μονοτροπική για τα ερεθίσματα του αισθητικού φλοιού. Ο Yonelinas (2013) πρότεινε ότι δεσμεύσεις υψηλής ανάλυσης αποθηκεύονται στον υπόκαμπο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη της αντίληψης και της μνήμης εργασίας, συγκεκριμένα στην αποθήκευση συνδυασμών σύνθετων χαρακτηριστικών. Στην δεύτερη περίπτωση, αναμένεται ότι θα ενεργοποιηθεί η πολυαισθητηριακή αναπαράσταση, ενώ στην πρώτη όχι. Υποθέτουμε επομένως ότι ο αισθητικός φλοιός μπορεί να διατηρήσει μικρό αριθμό μονοτροπικών πληροφοριών (όπως πρότεινε ο Postle, 2006), οι οποίες υποστηρίζουν τις πολυτροπικές μνημονικές αναπαραστάσεις σε περιοχές ανώτερου επιπέδου επεξεργασίας (Yonelinas, 2013).

Το εάν η μνήμη εργασίας για ένα συγκεκριμένο έργο αφορά σε περιοχές ανώτερου επιπέδου επεξεργασίας ή σε αισθητικές περιοχές που σχετίζονται με την διατήρηση της πληροφορίας για περιορισμένο χρόνο εξαρτάται από το έργο και τις πληροφορίες που χρειάζεται να αποθηκευτούν. Για παράδειγμα, απλά οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα μπορούν να διατηρηθούν στις αισθητικές περιοχές, ενώ περισσότερο σύνθετα ερεθίσματα απαιτούν συνήθως ανώτερες περιοχές. Με την έννοια αυτή ο αισθητικός φλοιός διατηρεί πληροφορίες με τρόπο παρόμοιο με αυτό που υποστήριζαν οι Baddeley και Hitch (1974) στα «μεμονωμένα βοηθητικά συστήματα» ή με τρόπο παρόμοιο με αυτό που προτάθηκε πρόσφατα από τους Cowan, Sauls και Blume (2014) σχετικά με την περιφερειακή αποθήκευση.

Σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα που προκύπτουν από το πεδίο της πολυαισθητηριακής επεξεργασίας και ολοκλήρωσης, οι πληροφορίες της οπτικής και της ακουστικής μνήμης αλληλεπιδρούν μεταξύ τους διατροφικά στη μνήμη εργασίας (Goolkasian & Foos, 2005· Morey & Cowan, 2004, 2005), η ανάκληση είναι αποτελεσματικότερη για διατροφικές πληροφορίες συγκριτικά με μονοτροπικές (Delogu, Raffone & Belardinelli, 2009· Goolkasian & Foos, 2005· Thompson & Paivio, 1994) και η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας είναι μεγαλύτερη για τις

διατροφικές πληροφορίες συγκριτικά με τις μονοτροπικές (Fougnie & Marois, 2011· Sauls & Cowan, 2007). Επιπρόσθετα, οι πολυαισθητηριακές πληροφορίες, επιδρούν στην αποθήκευση ενός μονοαισθητηριακού αντικειμένου και μία πολυαισθητηριακή μνημονική αναπαράσταση μπορεί να επηρεάσει τη διάκριση ενός μονοαισθητηριακού ερεθίσματος (Lehmann & Murray, 2005· Thelen, Carpe & Murray, 2012· Thelen, Talsma & Murray, 2015).

Συγκεκριμένα, οι Wallace και συν. (2004) και οι Kording και συν. (2007), έδειξαν ότι ακόμα και όταν τα χαρακτηριστικά κατώτερου επιπέδου των πολυαισθητηριακών ερεθισμάτων ταιριάζουν απόλυτα, η επίδοση των συμμετεχόντων μειώνεται, όταν εκείνα θεωρείται ότι προέρχονται από δύο ξεχωριστές πηγές. Οι Fiebelkorn και συν. (2011), εξέτασαν την ταυτόχρονη παρουσίαση οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων και διαπίστωσαν ότι οι τιμές των hits για τα οπτικά ερεθίσματα κοντά στο κατώτατο όριο/ ουδό, εξαρτώνται όχι μόνο από την ταυτόχρονη παρουσίαση των ακουστικών ερεθισμάτων αλλά και από την προσδοκία των συμμετεχόντων. Συγκεκριμένα, οι τιμές των hits των οπτικών ερεθισμάτων αυξήθηκαν σημαντικά όταν οι συμμετέχοντες ανέμεναν ότι οι ακουστικές και οι οπτικές εισροές θα ήταν ταυτόχρονες.

Οι Thelen, Carpe και Murray (2012) διερεύνησαν τον ρόλο της πολυαισθητηριακής μνημονικής αναπαράστασης σε ένα έργο ανάκλησης γραμμικών σχεδίων. Αυτά τα σχέδια παρουσιάστηκαν είτε ταυτόχρονα με έναν ήχο χωρίς νόημα (πολυαισθητηριακό πλαίσιο) είτε μεμονωμένα (μονοαισθητηριακό πλαίσιο). Ένα από τα βασικά ευρήματα της μελέτης ήταν ότι η ακρίβεια ανάκλησης μειώθηκε σημαντικά όταν οι εικόνες είχαν αρχικά παρουσιαστεί σε ένα πολυαισθητηριακό πλαίσιο. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι το πολυαισθητηριακό πλαίσιο που δόθηκε κατά την αρχική παρουσίαση είχε γίνει μέρος της νοητικής αναπαράστασης. Πιο πρόσφατα, η Thelen και οι συνεργάτες της (2015), εξέτασαν τη σημασιολογική σχέση μεταξύ των οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων και διερεύνησαν τις επιδράσεις της πολυαισθητηριακής μνήμης στην ακουστική επεξεργασία. Τα αποτελέσματα και των δύο μελετών (Thelen, Carpe & Murray, 2012· Thelen, Talsma & Murray, 2015) υποστηρίζουν ότι η διάκριση και ανάκληση μονοτροπικών πληροφοριών από μια διατροφική αναπαράσταση είναι δυσκολότερη καθώς η μη σχετική (με το έργο) τροπικότητα παρεμβάλλεται στη σχετική. Το εύρημα αυτό διαφέρει από την θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Paivio (1971, 1986), η οποία αναφέρει ότι παρ' όλο που οι

διατροφικές πληροφορίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, είναι στην πραγματικότητα ανεξάρτητες, καθώς οι πληροφορίες κάθε τροπικότητας μπορεί ανά πάσα στιγμή να ανακληθούν μεμονωμένα.

Ο Talsma (2015) και η ομάδα του, διαπίστωσαν ότι η διάκριση/ ανάκληση των ακουστικών ερεθισμάτων ενισχύθηκε όταν οι αρχικές παρουσιάσεις εμπειρείχαν σημασιολογικά συμβατά πολυαισθητηριακά ζευγάρια και εξασθένησε όταν εμπειρείχαν μη συμβατά ζευγάρια, σε σύγκριση με τους ήχους που παρουσιάστηκαν μεμονωμένα. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι η επεξεργασία μίας αισθητηριακής πληροφορίας επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το αρχικό πλαίσιο στο οποίο κωδικοποιήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, ένα συμβατό ζευγάρι οπτικοακουστικών ερεθισμάτων μπορεί να διευκολύνει την επακόλουθη ανάκληση, ενώ ένα μη συμβατό ζευγάρι μπορεί στην πραγματικότητα να δυσχεράνει την ανάκληση. Σύμφωνα με την προγνωστική κωδικοποίηση, τα συμβατά οπτικοακουστικά ερεθίσματα δημιουργούν ένα σταθερό εσωτερικό μοντέλο και μειώνουν την εμφάνιση σφαλμάτων πρόβλεψης (Fiebelkorn, Foxe & Molholm, 2010· Molholm κ.α., 2007).

Οι παραπάνω μελέτες επικεντρώθηκαν στα χαρακτηριστικά των εισαχθέντων (πολυαισθητηριακών) ερεθισμάτων και στην επίδραση που ασκούν στην μονοτροπική ανάκληση ερεθισμάτων. Ωστόσο, ένας σημαντικός αριθμός μελετών προσπαθεί να αποσαφηνίσει τις συνθήκες υπό τις οποίες, παρατηρείται η πολυαισθητηριακή επεξεργασία και ολοκλήρωση (Noesselt κ.α, 2007· Stein & Meredith, 1993· Stein & Rowland, 2011· Stein & Stanford, 2008). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την modality appropriate hypothesis (Vatakis & Spence, 2007· Welch & Warren, 1980), μία εισροή στην οπτική τροπικότητα μπορεί να επηρεάσει την χωρική επεξεργασία στην ακουστική τροπικότητα, ενώ μία εισροή στην ακουστική τροπικότητα μπορεί να επηρεάσει τη χρονική επεξεργασία στην οπτική τροπικότητα. Σύμφωνα με τους Welch και Warren (1980), η modality appropriate hypothesis υποδηλώνει ότι κατά την πολυαισθητηριακή ολοκλήρωση, η επίδραση της αντίληψης σε κάθε τροπικότητα εξαρτάται από την καταλληλότητα της κάθε τροπικότητας για το συγκεκριμένο έργο. Έτσι, η όραση ασκεί μεγαλύτερη επίδραση στην ενσωμάτωση της χωρικής πληροφορίας, ενώ η ακοή και η αφή επηρεάζουν περισσότερο τις χρονικές εκτιμήσεις (Lederman & Klatzky, 2004).

Στη μελέτη τους οι, Alais και Burr (2004), διαπίστωσαν ότι έπειτα από μία βαθμιαία μείωση της ποιότητας του παρεχόμενου οπτικού ερεθίσματος, η αντίληψη

των συμμετεχόντων για τον εντοπισμό της χωρικής θέσης, καθορίστηκε σταδιακά όλο και περισσότερο από την (ταυτόχρονα) παρεχόμενη ακουστική ένδειξη. Ωστόσο, σταδιακά παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στην χρονική απροσδιοριστία της ακουστικής ένδειξης, γεγονός που υποδηλώνει ότι η χρονική απροσδιοριστία των επιμέρους τροπικοτήτων καθορίζει τον βαθμό που εξετάζονται οι πληροφορίες από εκείνες, κατά τη διαμόρφωση της αντίληψης (Alais & Burr, 2004). Το παραπάνω συμπέρασμα προσομοιάζει τον «κανόνα/ νόμο της αντίστροφης αποτελεσματικότητας» (Holmes, 2009). Σύμφωνα με τον κανόνα/ νόμο της αντίστροφης αποτελεσματικότητας, ο βαθμός στον οποίο λαμβάνει χώρα η πολυαισθητηριακή ολοκλήρωση μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την ασάφεια/ αμφισημία των σχετικών ερεθισμάτων. Μια πρόσφατη μελέτη δείχνει ότι οι αδύναμες αισθήσεις όπως η όσφρηση μπορούν να τροποποιήσουν ακόμη και την αντίληψη των οπτικών πληροφοριών όταν η αξιοπιστία των οπτικών σημάτων είναι περιορισμένη (Kuang & Zhang, 2014).

Επιπλέον, η χωρική και η χρονική εγγύτητα (Lewald & Guski, 2003) αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την πολυαισθητηριακή επεξεργασία και ολοκλήρωση. Συγκεκριμένα, η σχεδόν ταυτόχρονη διέγερση δύο ή περισσότερων αισθήσεων έχει αποδειχθεί ότι συνδέεται με αυξημένες αντιδράσεις/σήματα BOLD στην λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (Calvert, Campbell & Brammer, 2000· Fairhall & Macaluso, 2009), σε αρκετές περιοχές του εγκεφάλου, συμπεριλαμβανομένης της άνω κροταφικής αύλακας, των άνω διδύμων και του πρωτογενή οπτικού φλοιού.

Ακόμα, συμπεριφορικές μελέτες και ERP έχουν δείξει ότι όταν ένα αντικείμενο ενεργοποιεί ταυτόχρονα περισσότερα από ένα αισθητήρια συστήματα έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να προσελκύσει την προσοχή του ατόμου (van den Brink κ.α., 2014· Van der Burg κ.α., 2011· Van der Burg, Olivers, Bronkhorst & Theeuwes, 2008· Ngo & Spence, 2010). Για παράδειγμα, οι Van der Burg και συν. (2008), έδειξαν ότι μη σχετικά με το έργο, ακουστικά ερεθίσματα ενισχύουν την ικανότητα των συμμετεχόντων να ανιχνεύουν τα οπτικά ερεθίσματα- στόχους. Οι Yau και συν. (2009) έδειξαν ότι δονούμενα σωματοαισθητικά ερεθίσματα μπορεί να επηρεάσουν τη διάκριση της συχνότητας ακουστικών ερεθισμάτων και αντίστροφα (Butler κ.α., 2011· Yau, Weber & Bensmaia, 2010). Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι πολυάριθμα χαρακτηριστικά ενός ερεθίσματος μπορεί να επηρεάζουν αυτόματα την επεξεργασία ερεθισμάτων μίας άλλης τροπικότητας. Συγκεκριμένα, έχει αποδειχθεί ότι ένα



ερέθισμα που παρουσιάζεται σε μία τροπικότητα μπορεί να επηρεάσει την επεξεργασία ενός εξαρτημένου ερεθίσματος που παρουσιάζεται σε άλλη τροπικότητα, είτε λόγω της συνάφειάς του (Busse κ.α., 2005· Donohue, Todisco, & Woldorff, 2014) είτε λόγω της μαθημένης συσχέτισης τους (Fiebelkorn, Foxe & Molholm, 2010· Molholm, Martinez, Shpaner & Foxe 2007).

## **1.6 Η σύνδεση της χρονικής αντίληψης με τη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας**

Η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας είναι περιορισμένη (Cowan, 1995· Engle, 2002· Vogel, McCollough, & Machizawa, 2005) και καθώς διαφέρει διατομικά, αποτελεί προγνωστικό παράγοντα της λειτουργίας των νοητικών διεργασιών ανώτερου και κατώτερου επιπέδου (Ackerman, Beier & Boyle, 2005· Broadway & Engle, 2010; Deary, 2000· Engle, Tuholski, Laughlin & Conway 1999· Kane, Conway, Hambrick & Engle, 2007· Oberauer, Süß, Wilhelm & Wittmann, 2003· Troche & Rammsayer, 2009· Unsworth κ.α, 2009). Οι Broadway και Engle (2011a, b) έδειξαν σε μία σειρά έργων αναπαραγωγής της διάρκειας, τη στενή σχέση μεταξύ της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας και της αντίληψης της χρονικής διάρκειας. Βασιζόμενοι σε ατομικές διαφορές στην χωρητικότητα της μνήμης εργασίας που μπορούν να παρατηρηθούν και σε νατουραλιστικά πλαίσια, οι Broadway και Engle (2011b) διαπίστωσαν ότι τα άτομα με χαμηλής χωρητικότητας μνήμη εργασίας είναι λιγότερο ευαίσθητα από εκείνα με υψηλής χωρητικότητας μνήμη εργασίας στην αναγνώριση του μεγαλύτερου από τα δύο διαστήματα σύγκρισης σε ένα εύρος πολλαπλών διαφορετικών διαρκειών. Επομένως, οι ατομικές διαφορές στην χωρητικότητα της μνήμης εργασίας συνδέονται με διαφορές στην επίδοση σε έργα χρονικής διάκρισης.

Οι Woehrle και Magliano (2012) διαπίστωσαν ότι οι συμμετέχοντες που διαθέτουν μνήμη εργασίας υψηλής χωρητικότητας εκτιμούν ότι η χρονική διάρκεια των έργων είναι μικρότερη από εκείνους που διαθέτουν μνήμη εργασίας χαμηλής χωρητικότητας. Καθότι η ικανότητα εστίασης της προσοχής σχετίζεται με την χωρητικότητα της μνήμης εργασίας, το παραπάνω αποτέλεσμα υποδηλώνει ότι η ποσότητα προσοχής που εστιάζεται σε ένα ερέθισμα είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ακρίβεια της χρονικής εκτίμησης κατά τη διάρκεια του δεδομένου διαστήματος. Με άλλα λόγια, η υψηλότερης χωρητικότητας μνήμη εργασίας συντελεί πιθανώς στην

εστίαση περισσότερης προσοχής στις γνωστικές διαστάσεις του έργου και επομένως οδηγεί σε λιγότερο ακριβείς χρονικές εκτιμήσεις.

Σύμφωνα με τους Teki και Griffiths (2014), τα χρονικά διαστήματα διατηρούνται στη μνήμη εργασίας όπως κάθε άλλη πληροφορία, και η επίδραση της μνήμης εργασίας αφορά στην ακρίβεια της διατήρησης τους στο γνωστικό σύστημα. Συγκεκριμένα, στη μελέτη τους αναφορικά με τη μνήμη εργασίας και την εκτίμηση της ακουστικής διάρκειας, υποστηρίζουν ότι όσο μεγαλύτερο είναι το γνωστικό φορτίο της μνήμης εργασίας, τόσο λιγότερο ακριβής θα είναι η μνημονική αναπαράσταση της διάρκειας.

Σύμφωνα με τον van Rijn (2016), η μνήμη εργασίας συμβάλλει ενεργά στην αναπαράσταση της διάρκειας μέσω μιας «εκ των άνω προς τα κάτω» επιρροής στην χρονική αντίληψη που βασίζεται στην μπεϋζιανή εκτίμηση. Σε ένα μπεϋζιανό πλαίσιο, η προσοχή «προδιαθέτει» την εκτίμηση των πιθανοτήτων, ενώ το φορτίο της μνήμης εργασίας επηρεάζει την ακρίβεια με την οποία διατηρούνται οι εκτιμήσεις διάρκειας.



## 1.7 Μέθοδος αξιολόγησης της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας

Πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι υπάρχουν σημαντικές ατομικές διαφορές/ διακύμανση στην ικανότητα επιτυχούς και έγκαιρου εντοπισμού πληροφοριών από την μακρόχρονη μνήμη (Unsworth & Engle, 2007· Unsworth, Spillers, & Brewer, 2012). Ένα από τα παλαιότερα και πλέον δημοφιλή έργα εξέτασης της απόδοσης της μνήμης εργασίας είναι η ελεύθερη ανάκληση (Tulving, 1972). Η ελεύθερη ανάκληση αφορά στην παρουσίαση πληροφοριών στα άτομα και στη συνέχεια, στην ανάκληση εκείνων σε τυχαία σειρά, με την παράλληλη ελαχιστοποίηση των εξωτερικών ενδείξεων. Επομένως, η ελεύθερη ανάκληση αποτελεί μία αυτορρυθμιζόμενη και αυτοελεγχόμενη διαδικασία (Craig, 1986· Salthouse, 2001a).

Σημαντικό μέρος της τρέχουσας κατανόησής μας σχετικά με τις αποτελεσματικές μνημονικές διαδικασίες αναζήτησης προέρχεται από μοντέλα αναζήτησης που δημιουργήθηκαν σε μια προσπάθεια να διευκρινιστεί η φύση της ελεύθερης ανάκλησης. Συγκεκριμένα, πολλά από αυτά τα μοντέλα ενσωματώνουν τη χρήση αυτοδημιούργητων στοιχείων ανάκτησης (Davelaar & Raaijmakers, 2012· Raaijmakers & Shiffrin, 1980· Wixted & Rohrer, 1994), που διευκολύνουν τη διαδικασία εντοπισμού των επιθυμητών στοιχείων από τη μακρόχρονη μνήμη περιορίζοντας την αναζήτηση σε ένα υποσύνολο ενεργοποιημένων αναπαραστάσεων μνήμης που σχετίζονται με την ένδειξη. Αυτό το υποσύνολο των ενεργοποιημένων πληροφοριών που σχετίζεται με την ένδειξη αναφέρεται συνήθως ως σύνολο αναζήτησης, και τα μοντέλα αναζήτησης ελεύθερης ανάκλησης υποθέτουν ότι κατά την ανάκληση, οι μνημονικές αναπαραστάσεις πρέπει να ληφθούν ως δείγματα από το σύνολο αναζήτησης που βασίζεται σε έναν κανόνα σχετικής δύναμης/ έντασης/ ισχύος (Raaijmakers & Shiffrin, 1980· Shiffrin, 1970). Επομένως, κάθε στοιχείο στο σύνολο αναζήτησης ανταγωνίζεται για δειγματοληψία με τέτοιο τρόπο ώστε οι πιθανότητες δειγματοληψίας ενός στοιχείου να μην εξαρτώνται μόνο από τη δύναμη του συγκεκριμένου στοιχείου, αλλά και από τη δύναμη των άλλων στοιχείων στο σύνολο αναζήτησης. Η επιτυχής ανάκληση συμβαίνει όταν η ενεργοποίηση ενός στοιχείου δείγματος υπερβαίνει κάποιο κρίσιμο όριο, γεγονός που σημαίνει ότι τα στοιχεία της δειγματοληψίας των οποίων η ένταση δεν υπερβαίνει το όριο δεν μπορούν να περάσουν στη συνείδηση με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ανακτηθούν αποτελεσματικά (κανόνας απόλυτης δύναμης· Rohrer, 1996).

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε σε μεγάλο βαθμό μια σημαντική, υποκείμενη μεταβλητή των ατομικών διαφορών, η οποία εμπλέκεται στην αποτελεσματική αναζήτηση. Πρόκειται για την χωρητικότητα της μνήμης εργασίας (Unsworth, 2007· Unsworth & Engle, 2007· Unsworth, Spillers & Brewer, 2012). Προηγούμενη έρευνα έχει δείξει ότι όταν πραγματοποιείται μια ανεξάρτητη αναζήτηση στη μακρόχρονη μνήμη, τα άτομα με υψηλής χωρητικότητας μνήμη εργασίας εμφανίζουν καλύτερη απόδοση συγκριτικά με τα άτομα με χαμηλής χωρητικότητας μνήμη εργασίας (Kane, Conway, Hambrick & Engle 2007· Rosen & Engle, 1997). Για παράδειγμα, οι Unsworth και Engle (2007) υποστήριξαν ότι τα άτομα με χαμηλής χωρητικότητας μνήμη εργασίας εμφανίζουν χαμηλότερη ακρίβεια ανάκλησης συγκριτικά με τα άτομα με υψηλής χωρητικότητας μνήμη εργασίας.

Αξιοσημείωτο στοιχείο της μελέτης είναι χρήση της εικονικής πραγματικότητας για την αξιολόγηση της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας, η οποία αποτελεί μια καινοτομία για τα ελληνικά δεδομένα και μπορεί να προσδώσει οικολογική εγκυρότητα. Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας και των εφαρμογών της παρουσιάζει μια αύξηση τα τελευταία χρόνια (Da Costa & de Carvalho, 2004). Μεταξύ των εφαρμογών αυτών εντοπίζονται και προσπάθειες αξιοποίησης της εικονικής πραγματικότητας στο πεδίο της αξιολόγησης και εκτίμησης που υποστηρίζει τη διάγνωση στην επιστήμη της ψυχολογίας. Μιλώντας για την εικονική πραγματικότητα κρίνεται σκόπιμο να δοθεί μια περιγραφή του όρου που θα επιτρέψει στον κοινό αναγνώστη να κατανοήσει καλύτερα την παρούσα μελέτη. Πρόκειται για μια ραγδαία αναπτυσσόμενη τεχνολογία που επιτρέπει την εμπύθιση των συμμετεχόντων, την πλοήγηση τους και την αλληλεπίδραση με έργα ή σενάρια, μέσω ενός δυναμικού τρισδιάστατου περιβάλλοντος, σε καταστάσεις αρκετά παρόμοιες με τις πραγματικές, ενώ διατηρεί τον έλεγχο προς τις απαιτήσεις της άμεσης εκτίμησης και αξιολόγησης (Lalonde κ.α., 2013). Με το επιχείρημα ότι τα εργαλεία εικονικής πραγματικότητας αντιπροσωπεύουν ευρύτερα τις καταστάσεις της καθημερινής ζωής σε σχέση με τα χειρόγραφα τεστ, ενώ διατηρούν την ακρίβεια και την αξιοπιστία της έρευνας, αναπτύχθηκαν εικονικά περιβάλλοντα για την αξιολόγηση της μνήμης, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο από υγιή όσο και από άτομα με γνωστικά ελλείματα (Pugnetti κ.α., 1998).

## 1.8 Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να δείξει εάν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ της χρονικής αντίληψης και της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας και το είδος της σχέσης που προκύπτει (θετική ή αρνητική). Για τον σκοπό αυτό προτείνεται η διεξαγωγή συσχετίσεων ανάμεσα στα αποτελέσματα από το έργο χρονικής διχοτόμησης και τα αποτελέσματα από το έργο ελεύθερης ανάκλησης που πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας (Nesplora Suite).

## 1.9 Υποθέσεις

Βάσει των παραπάνω πληροφοριών, αναμένεται να αναδειχθεί στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στην χωρητικότητα της μνήμης εργασίας και στο σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE) για τα οπτικά και στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση για τα ακουστικά ερεθίσματα. Ακόμη, αναμένεται να αναδειχθεί στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην χωρητικότητα της μνήμης εργασίας και στο δείκτη χρονικής ευαισθησίας Weber Ratio για τα οπτικοακουστικά ερεθίσματα και στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση για τα οπτικά και τα ακουστικά ερεθίσματα.

## **2. Μέθοδος**

### **2.1 Συμμετέχοντες**

Εκατόν δώδεκα συμμετέχοντες (N=112), 30 άνδρες και 82 γυναίκες, ηλικίας 18- 66 ετών (Μ.Ο ηλικίας: 27.33 ετών), συμμετείχαν εθελοντικά σε δύο δοκιμασίες, οι οποίες αφορούν τη διερεύνηση της χρονικής αντίληψης (time perception) και της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας (working memory capacity). Η συνολική διάρκεια των δύο δοκιμασιών ήταν περίπου 1 ώρα και 15 λεπτά.

Αρχικά, οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για το αντικείμενο διερεύνησης. Συγκεκριμένα, ενημερώθηκαν πως πρόκειται για έρευνα, στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας του ΠΜΣ «Ψυχολογία» με ειδίκευση στην «Εφαρμοσμένη Γνωστική και Αναπτυξιακή ψυχολογία», η οποία αξιολογεί τη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας του ατόμου και την χρονική του αντίληψη και αναζητά την ύπαρξη σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών αλλά και το είδος της σχέσης αυτής. Πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας οι συμμετέχοντες έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεση τους υπογράφοντας το έντυπο συγκατάθεσης της Nesplora Technology and Behavior (κατασκευαστής/ υπεύθυνος δημιουργίας και παροχής λογισμικού Nesplora) και το έντυπο ενημέρωσης από το Πάντειο Πανεπιστήμιο (υπεύθυνος διεξαγωγής της έρευνας). Έλαβαν επίσης γνώση για την ελευθερία τους να διακόψουν οποιαδήποτε στιγμή την πειραματική διαδικασία. Όλα τα άτομα που συμμετείχαν είχαν φυσιολογική ακοή, όραση και κινητικές δεξιότητες που επέτρεπαν να αντιλαμβάνονται τα οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα των πειραμάτων καθώς και να χρησιμοποιούν το πληκτρολόγιο του υπολογιστή (στα χρονικά έργα) και το χειριστήριο της συσκευής Εικονικής Πραγματικότητας (στο εργαλείο αξιολόγησης της μνήμης εργασίας - Nesplora Suite). Τηρήθηκαν η ανωνυμία και η εμπιστευτικότητα των αποτελεσμάτων σύμφωνα με τους κανόνες του Διεθνούς Στατιστικού Ινστιτούτου.

### **2.2 Πειραματικές συνθήκες**

Τα δύο έργα διεξήχθησαν στο ήσυχο περιβάλλον ενός γραφείου, όπου οι συμμετέχοντες κάθονταν σε μια περιστρεφόμενη καρέκλα, με χαμηλό φωτισμό, χωρίς ηχητικούς περισπασμούς, με την οθόνη του υπολογιστή ευθεία μπροστά τους, φορώντας ακουστικά. Όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος στη πειραματική διαδικασία από τις 9 π.μ. έως τις 6 μ.μ., προκειμένου να εξαλειφθεί η πιθανότητα η επίδοσή τους να επηρεαστεί από κόπωση.

Τα μέρη του εξοπλισμού για τη συγκεκριμένη έρευνα μπορούν να διακριθούν σε: Hardware: Ένας φορητός Η/Υ, η συσκευή για την εικονική πραγματικότητα Samsung Gear VR – SM R322 (glasses and controller) και η συσκευή κινητού Samsung Galaxy Note 5 που συνδέεται με αυτήν, ακουστικά που συνδεόταν στον υπολογιστή ή στο κινητό. Το λογισμικό αφορούσε στο πρόγραμμα Nesplora Suite (by Nesplora Technology and Behavior) εγκατεστημένο στο κινητό και στον Η/Υ (συμβατό με Windows XP και Windows 7) τα οποία ήταν συνδεδεμένα στο ίδιο ασύρματο δίκτυο. Ακόμη, επιλέχθηκε το πρόγραμμα Presentation (by Neurobehavioral Systems Inc.) (συμβατό με Windows XP και Windows 7) το οποίο επιτρέπει την διεξαγωγή ψυχολογικών πειραμάτων με την υποστήριξη παρουσίασης οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων και την καταγραφή απαντήσεων.

## **2.3 Πρώτο έργο**

### **2.3.1 Έργο χρονικής διχοτόμησης**

Το πρώτο έργο που θα συζητηθεί είναι το έργο διχοτόμησης. Το συγκεκριμένο έργο πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Presentation® (Version 18.0, Neurobehavioral Systems, Inc., Berkeley, CA, [www.neurobs.com](http://www.neurobs.com)). Κατά τη διάρκεια αυτού του έργου οι συμμετέχοντες έπρεπε να αποφασίσουν ποια από τις δύο διάρκειες των ερεθισμάτων που τους παρουσιαζόταν (οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα) ήταν πιο κοντά στην «μεγάλη χρονική διάρκεια» και ποια ήταν πιο κοντά στην «μικρή χρονική διάρκεια». Για το διαχωρισμό της μεγάλης και μικρής διάρκειας τους δόθηκαν διαφορετικά πλήκτρα επιλογής (το πλήκτρο O για τη μικρή χρονική διάρκεια και το πλήκτρο M για τη μεγάλη χρονική διάρκεια). Χρησιμοποιήθηκαν επτά διαφορετικά χρονικά διαστήματα: 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, και 1600ms και έξι διαφορετικές συνθήκες: Ακουστικό ερέθισμα σε υψηλή συχνότητα, Ακουστικό ερέθισμα σε χαμηλή συχνότητα, Οπτικό ερέθισμα μαύρου χρώματος, Οπτικό ερέθισμα λευκού χρώματος, Οπτικοακουστικό ερέθισμα με λευκό χρώμα και υψηλή συχνότητα ήχου και οπτικοακουστικό ερέθισμα με μαύρο χρώμα και χαμηλή συχνότητα ήχου. Οι συμμετέχοντες συμπλήρωναν μια δοκιμαστική σειρά προσπαθειών σε σετ οπτικοακουστικών, μόνο ακουστικών και μόνο οπτικών ερεθισμάτων πριν από το κύριο έργο με σκοπό να «μάθουν» την «μεγάλη χρονική διάρκεια» και την «μικρή χρονική διάρκεια» με ανατροφοδότηση (Σωστό/Λάθος) και να εξοικιωθούν με το έργο. Η σειρά με την οποία εμφανιζόταν τα οπτικοακουστικά, ακουστικά ή οπτικά

ερεθίσματα ήταν τυχαία. Η τυχαιοποίηση έγινε για να μην υπάρχει επίδραση άλλων μεταβλητών.

### **2.3.2 Σχεδιασμός**

Επιλέχθηκαν επτά διαφορετικά χρονικά διαστήματα: 400ms, 600ms, 800ms, 1000ms, 1200ms, 1400ms, 1600ms. Οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν ένα σετ δοκιμαστικής εξάσκησης οπτικοακουστικών, ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων, προτού προβούν στο κύριο πειραματικό έργο, προκειμένου να μάθουν την «μεγάλη» και την «μικρή» χρονική διάρκεια, καθώς επίσης και για να εξοικειωθούν με το έργο. Η σειρά με την οποία διενεργήθηκε το σετ ήταν τυχαία.

### **2.3.3 Διαδικασία**

Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για την παρουσίαση μιας σειράς οπτικών, ακουστικών και οπτικοακουστικών ερεθισμάτων καθώς επίσης ότι θα έπρεπε να αποφασίζουν κάθε φορά εάν τα ερεθίσματα παρουσιάστηκαν για μια «μικρή» ή «μεγάλη» διάρκεια, με βάση τις μεγάλες και τις μικρές διάρκειες που έμαθαν κατά την εξάσκηση που προηγήθηκε. Εάν δεν τους ήταν εύκολο να αποφασίσουν ποια από τις δύο διάρκειες να επιλέξουν, τους προτάθηκε να προβούν σε εικασία. Επιπρόσθετα, ενημερώθηκαν ότι μπορούσαν να ολοκληρώσουν το έργο με τον δικό τους ρυθμό και ότι μόνο μετά την απάντησή τους, πατώντας το ανάλογο κουμπί, θα παρουσιαζόταν τα επόμενα ερεθίσματα. Ο συνολικός χρόνος της δοκιμασίας ήταν περίπου 15 λεπτά.

## **2.4 Δεύτερο έργο**

### **2.4.1 Nesplora VR CPT game**

Το δεύτερο έργο είναι το NESPLORA SUITE, το οποίο αποτελεί ένα εργαλείο μέτρησης μέσω της Συνεχούς Απόδοσης (CPT) (Bombín-González κ.α., 2014· Climent-Martínez κ.α., 2014). Τα εικονικά περιβάλλοντα επιτρέπουν στο άτομο να έχει την αίσθηση ότι είναι εμβυθισμένο, έχοντας τη δυνατότητα να δει στοιχεία σε 360° (βλ. Εικόνα 1). Στο συγκεκριμένο παιχνίδι CPT ο χρήστης εισάγεται σε ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας το οποίο προσομοιώνει ένα κατάστημα πώλησης επίπλων. Σκοπός του έργου είναι η προετοιμασία διαφόρων παραγγελιών για μία πληθώρα οικογενειών. Οι οδηγίες και οι παραγγελίες δίνονται στην ελληνική γλώσσα. Καθ' όλη τη διάρκεια, εξετάζονται γνωστικές διαδικασίες, όπως η αναγνώριση ανικειμένων, η μνήμη εργασίας και η μακρόχρονη μνήμη. Για τη δεδομένη μελέτη απαραίτητες είναι

οι τιμές που αφορούν στη μνήμη εργασίας. Η εικονική πραγματικότητα αποτυπώνει σε τρισδιάστατο γραφικό περιβάλλον ένα σύνθημα μέρος. Αναπαριστά μια συνθήκη της καθημερινής ζωής και ζητά από τον συμμετέχοντα να λειτουργήσει σε μια κατάσταση που έχει συναντήσει πολλές φορές. Ο συμμετέχων χάνει προσωρινά την αίσθηση του εξωτερικού περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται στην πραγματικότητα. Αυτός ο τρόπος αξιολόγησης αυξάνει την οικολογική εγκυρότητα της έρευνας.



*Εικόνα 1. Το γραφικό περιβάλλον του Nesplora VR CPT Suite*

#### **2.4.2 Σχεδιασμός**

Η δοκιμασία απαιτεί ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας (VR) που αποτελείται από γυαλιά, ακουστικά και ένα ασύρματο χειριστήριο (βλ. Εικόνα 2). Το εικονικό περιβάλλον αφορά σε ένα κατάστημα επίπλων και ο συμμετέχων καλείται να ολοκληρώσει ορισμένες παραγγελίες. Αρχικά, δίνονται ορισμένες οδηγίες και ο συμμετέχων οφείλει να προβεί σε ορισμένες ενέργειες έτσι ώστε να προσαρμοστεί στο εικονικό περιβάλλον και να μάθει να χρησιμοποιεί ορθώς το χειριστήριο.





*Εικόνα 2.. Εξοπλισμός Nesplora VR CPT*

### **2.4.3 Διαδικασία**

Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν ότι θα λάβουν μέρος σε μία δοκιμασία εικονικής πραγματικότητας η οποία παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη γνωστική τους κατάσταση και την μνήμη εργασίας τους. Ακόμη, ενημερώθηκαν ότι δύνανται να σταματήσουν τη δοκιμή ανά πάσα στιγμή, σε περίπτωση που αισθάνονται ζάλη ή επιθυμούν να διακόψουν. Η χορήγηση του τεστ διήρκησε συνολικά περίπου 50 λεπτά και η συγκατάθεσή τους δόθηκε ενυπόγραφα συμπληρώνοντας το σχετικό έντυπο της Nesplora Inc.



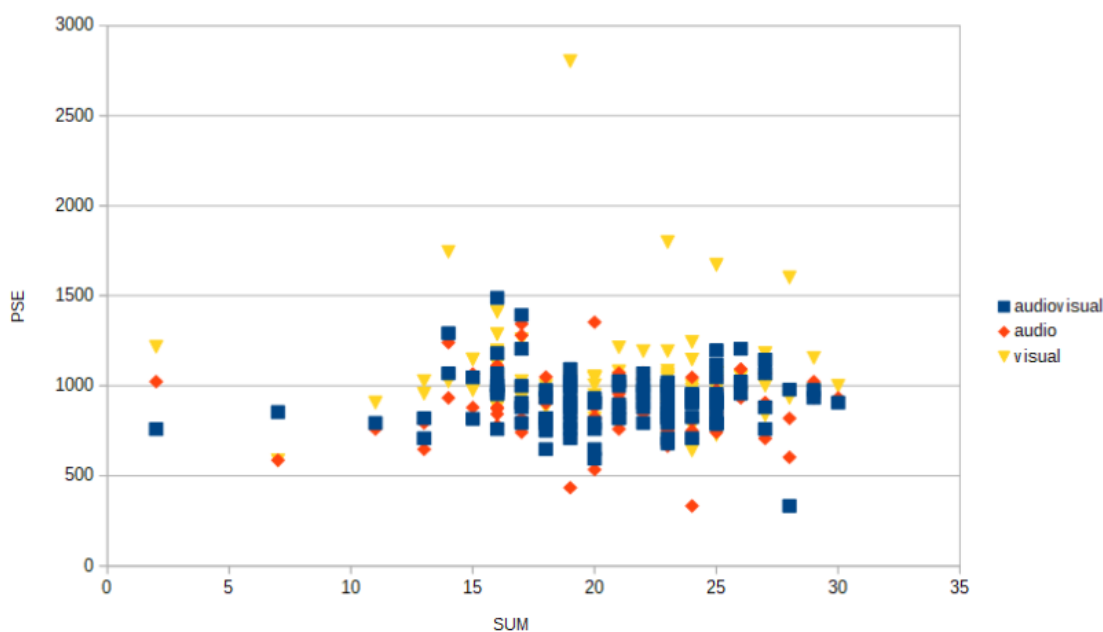
### 3. Αποτελέσματα

Στην παρούσα εργασία, πραγματοποιήθηκαν δύο έργα. Το πρώτο αφορούσε την χρονική διχοτόμηση και το δεύτερο την χωρητικότητα της μνήμης εργασίας. Διεξήχθησαν συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του σημείου υποκειμενικής ισότητας (PSE) και του κλάσματος του Weber (WR), των διαφορετικών τροπικοτήτων και τα αποτελέσματα του Nesplora. Ο παράγοντας “τροπικότητα” (modality) παρουσίασε 3 επίπεδα: οπτικοακουστικό, οπτικό, ακουστικό.

Για την αξιολόγηση της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας, υπολογίστηκε το άθροισμα των συμμετεχόντων στο σύνολο των δοκιμασιών ελεύθερης ανάκλησης. Οι δοκιμασίες αφορούσαν την προετοιμασία παραγγελιών από μνήμης. Η σειρά επιλογής των αντικειμένων μπορούσε να είναι τυχαία. Οι συμμετέχοντες που διαθέτουν μνήμη εργασίας μεγαλύτερης χωρητικότητας αναμένονταν να συγκεντρώσουν μεγαλύτερο άθροισμα ορθών αντικειμένων ανά παραγγελία. Το άθροισμα των αντικειμένων συσχετίστηκε στη συνέχεια με τις τιμές του σημείου υποκειμενικής ισότητας (PSE) και του κλάσματος του Weber (WR) στα τρία επίπεδα τροπικοτήτων (οπτικοακουστικά, οπτικά, ακουστικά ερεθίσματα).

Ξεκινώντας με την ανάλυση των αποτελεσμάτων συσχέτισης ανάμεσα στο συνολικό άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora Suite CPT Test) και στο σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE) για τα οπτικοακουστικά ερεθίσματα (Διάγραμμα 1), σημειώθηκε τιμή= -0.056146291 και  $p= 0.6$ . Πιο αναλυτικά, ανάμεσα στα οπτικοακουστικά ερεθίσματα και την χωρητικότητα μνήμης εργασίας, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το άθροισμα Nesplora μειώνεται το σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE), παρατηρείται δηλαδή αρνητική συσχέτιση, μη στατιστικώς σημαντική, δηλαδή, όσο αυξάνεται η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο μειώνονται οι τιμές στο PSE, συνεπώς τα οπτικοακουστικά ερεθίσματα υπερεκτιμώνται. Συνεχίζοντας με την ανάλυση των αποτελεσμάτων συσχέτισης ανάμεσα στο συνολικό άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora Suite CPT Test) και στο σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE) για τα ακουστικά ερεθίσματα (Διαγραμμα 1), σημειώθηκε τιμή= 0.1140978163 και  $p= 0.24$ . Πιο αναλυτικά, ανάμεσα στα ακουστικά ερεθίσματα και την χωρητικότητα της μνήμης εργασίας, όσο αυξάνεται το άθροισμα Nesplora τόσο αυξάνεται το σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE), παρατηρείται δηλαδή θετική συσχέτιση, μη στατιστικώς σημαντική, δηλαδή, όσο αυξάνεται η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο αυξάνονται οι τιμές στο PSE. Επομένως, τα ακουστικά

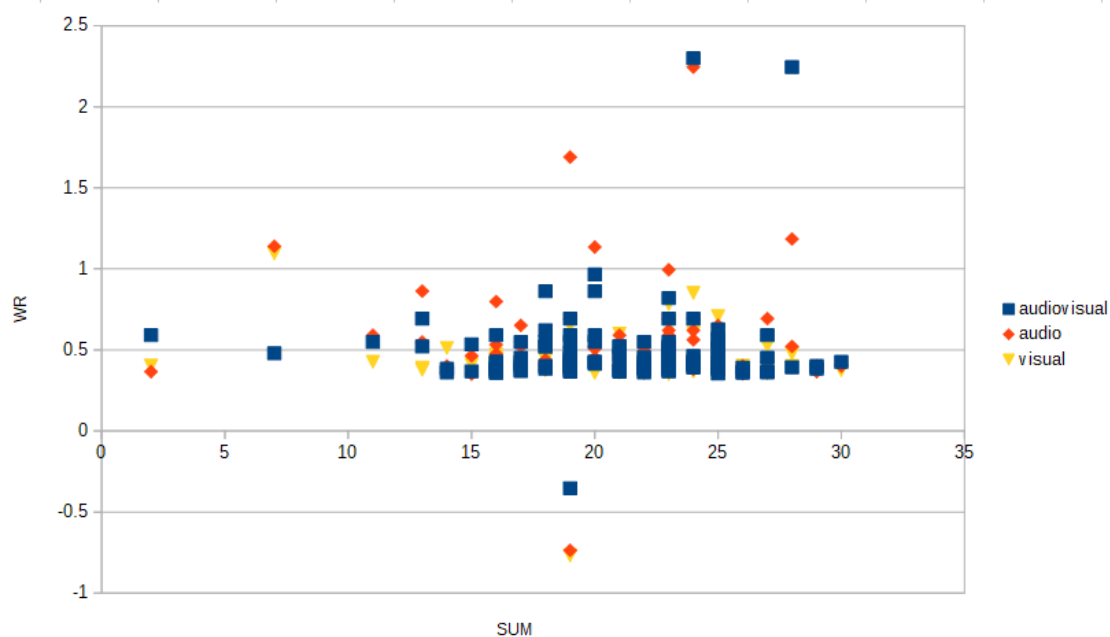
ερεθίσματα εκτιμώνται ως μικρότερα (υποεκτίμηση). Προχωρώντας με την ανάλυση των αποτελεσμάτων συσχέτισης ανάμεσα στο συνολικό άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora Suite CPT Test) και στο σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE) για τα οπτικά ερεθίσματα (Διάγραμμα 1), εντοπίστηκε στατιστικώς σημαντική, θετική συσχέτιση  $\text{τιμή} = 0.292432769$  και  $p=0.001$ . Επομένως, όσο αυξάνεται το άθροισμα στο Nesplora Suite, αυξάνεται και το σημείο υποκειμενικής ισότητας, δηλαδή, όσο αυξάνεται η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο αυξάνονται οι τιμές στο σημείο υποκειμενικής ισότητας, άρα τα οπτικά ερεθίσματα εκτιμώνται ως μικρότερα (υποεκτίμηση). Τα παραπάνω αποτελέσματα, παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 1.: Αποτελέσματα συσχέτισης ανάμεσα στο συνολικό άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora Suite) και στο σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE) για τις τρεις τροπικότητες

Επιπρόσθετα, ανάμεσα στο κλάσμα του Weber των ακουστικών ερεθισμάτων και το άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora Suite CPT Test) (Διάγραμμα 2) σημειώθηκε  $\text{τιμή} = 0.0009379741$  και  $p=1$ . Αναφορικά με τα ακουστικά ερεθίσματα και την χωρητικότητα της μνήμης εργασίας, όσο αυξάνεται το άθροισμα Nesplora τόσο αυξάνεται το κλάσμα του Weber (WR), παρατηρείται δηλαδή θετική συσχέτιση, μη στατιστικώς σημαντική, καθώς όσο αυξάνεται η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο αυξάνονται οι τιμές στο WR. Επομένως, για τα ακουστικά ερεθίσματα όσο υψηλότερη είναι η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο μικρότερη

αναμένεται η ευαισθησία στην χρονική μεταβολή/ αλλαγή. Προχωρώντας, ανάμεσα στο κλάσμα του Weber των οπτικοακουστικών ερεθισμάτων και το άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora CPT Suite Test) για τα οπτικοακουστικά ερεθίσματα (Διάγραμμα 2) σημειώθηκε τιμή=  $-0.011480503$  και  $p=0.9$ . Συνεπώς, από την ανάλυση συσχέτισης ανάμεσα στα οπτικοακουστικά ερεθίσματα και το κλάσμα του Weber (WR), προκύπτει ότι όσο αυξάνεται το άθροισμα Nesplora τόσο μειώνεται το WR, παρατηρείται δηλαδή αρνητική συσχέτιση, μη στατιστικώς σημαντική, καθώς όσο αυξάνεται η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο μειώνονται οι τιμές στο WR. Επομένως, για τα οπτικοακουστικά ερεθίσματα όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο μεγαλύτερη αναμένεται η ευαισθησία στην χρονική μεταβολή/ αλλαγή. Αναφορικά με τη συσχέτιση ανάμεσα στο κλάσμα του Weber των οπτικών ερεθισμάτων και το άθροισμα Nesplora σημειώθηκε τιμή=  $-0.041795302$  και  $p= 0.675$  (Διάγραμμα 2). Συνεπώς, για τα οπτικά ερεθίσματα και την χωρητικότητα της μνήμης εργασίας, όσο αυξάνεται το άθροισμα Nesplora τόσο μειώνεται το κλάσμα του Weber (WR), παρατηρείται δηλαδή αρνητική συσχέτιση, μη στατιστικώς σημαντική, καθώς, όσο αυξάνεται η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο μειώνονται οι τιμές στο WR. Επομένως, για τα οπτικά ερεθίσματα όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας τόσο μεγαλύτερη αναμένεται η ευαισθησία στη χρονική μεταβολή/ αλλαγή. Τα παραπάνω αποτελέσματα, παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 2.: Αποτελέσματα συσχέτισης ανάμεσα στο συνολικό άθροισμα στο έργο ελεύθερης ανάκλησης (Nesplora Suite) και στο κλάσμα του Weber (WR) για τις τρεις τροπικότητες

Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας αποτελούν στοιχεία διερευνητικής επεξεργασίας εφόσον έχουν χρησιμοποιηθεί δείκτες συσχέτισης στην ανάλυση και δεν μπορεί να γίνει λόγος για αιτιολογικές σχέσεις ή για προβλεπτική εγκυρότητα των μετρήσεων. Το βασικό στοιχείο που παρατηρεί κανείς στα αποτελέσματα της έρευνας είναι ότι δεν υπάρχουν πολυάριθμες στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας και των δεικτών της χρονικής αντίληψης, αφενός του σημείου υποκειμενικής ισότητας και αφετέρου του κλάσματος Weber, στις διάφορες τροπικότητες.

## 4. Συζήτηση

Στο σημείο αυτό, βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων της έρευνας, θα ακολουθήσει μια συζήτηση που θα περιλαμβάνει, αφενός την ανάλυση των αποτελεσμάτων και τη σύνδεση τους με τα ήδη υπάρχοντα ευρήματα της βιβλιογραφίας και αφετέρου τους περιορισμούς της έρευνας και τις προτάσεις για μελλοντική ερευνητική δραστηριότητα αναφορικά με το συγκεκριμένο θέμα.

### 4.1. Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Στην παρούσα εργασία, διερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίο η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας συσχετίζεται με τα επίπεδα ευαισθησίας στην αντίληψη του χρόνου και την αντίληψη της διάρκειας ενός ερεθίσματος. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, προέκυψε στατιστικώς σημαντική, θετική συσχέτιση ανάμεσα στο σημείο υποκειμενικής ισότητας (PSE) των οπτικών ερεθισμάτων και στη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας (τιμή= 0.292432769 και  $p=0.001$ ). Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη συσχέτιση, καθώς αυξάνεται η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας, αυξάνεται και το σημείο υποκειμενικής ισότητας, επομένως τα οπτικά ερεθίσματα εκτιμώνται ως μικρότερα (υποεκτίμηση). Στη μελέτη τους, οι Zélandi και Droit-Volet (2012) διαπίστωσαν ότι η χρονική αντίληψη είναι λιγότερο ακριβής για τα οπτικά, σε σύγκριση με τα ακουστικά ερεθίσματα. Η μείωση στην ακρίβεια της χρονικής αντίληψης που παρατηρείται στα οπτικά ερεθίσματα, οφείλεται ενδεχομένως στο γεγονός ότι εκείνα απαιτούν περισσότερους πόρους προσοχής για την επεξεργασία τους, σε σχέση με τα ακουστικά αποσπώντας με αυτόν τον τρόπο περισσότερη προσοχή από την χρονική επεξεργασία. Τα αποτελέσματα της μελέτης των Droit- Volet και Hallez (2018) υποδεικνύουν μία επίδραση της τροπικότητας, με τα ακουστικά ερεθίσματα να εκτιμώνται ως μεγαλύτερα (υπερεκτίμηση) συγκριτικά με τα οπτικά ερεθίσματα. Ωστόσο, η διαστρέβλωση λόγω τροπικότητας στην χρονική εκτίμηση παρατηρήθηκε συχνότερα σε παιδιά μικρής ηλικίας, μεταβλητή η οποία δεν εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη. Επιπρόσθετα, βάσει των στατιστικών αναλύσεων των Droit- Volet και οι Hallez (2018), υποστηρίζεται ότι το μέγεθος της χρονικής διαστρέβλωσης συνδέεται με τις ατομικές διαφορές στην χωρητικότητα της μνήμης εργασίας. Πιο αναλυτικά, οι ίδιοι διαπίστωσαν ότι το σκορ σε δοκιμασίες της μνήμης εργασίας αποτέλεσε σημαντικό προγνωστικό δείκτη του μεγέθους της διαστρέβλωσης του χρόνου. Η μνήμη εργασίας αποτελεί σημαντικό παράγοντα χρονισμού, καθώς συνδέεται με τη δυνατότητα διατήρησης και κατανομής της προσοχής σε τρέχουσες

χρονικές πληροφορίες αλλά και με την δυνατότητα αποθήκευσης και ενημέρωσης των χρονικών πληροφοριών ωστόσο εκτιμηθούν (Baddeley, 2000· Baddeley & Hitch, 1974). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι το μέγεθος της επίδρασης της τροπικότητας στον χρονισμό συνδέεται με τις εκτελεστικές λειτουργίες που περιλαμβάνουν διαδικασίες όπως η αποθήκευση στη μνήμη, αλλά και διαδικασίες όπως η ενημέρωση και η διατήρηση των πληροφοριών στη μνήμη καθώς και η συντήρηση της προσοχής στην συνεχή ροή των πληροφοριών. Συγκεκριμένα, η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για την εκτέλεση έργων χρονικής διάκρισης, κατά τα οποία το άτομο πρέπει να κωδικοποιεί και να διατηρεί την πρόσβαση σε δύο ξεχωριστές αναπαραστάσεις του παρελθόντος χρόνου, με έναν δυναμικό τρόπο για την σύγκριση και την χρονική αντίληψη (Lu κ.α., 2009· Matthews, 2011· Matthews, Stewart, & Wearden 2011· Pariyadath & Eagleman, 2008· Yeshurun & Marom, 2008). Η «εκ των άνω προς τα κάτω» επίδραση που επιβάλλεται από το γνωστικό περιεχόμενο της μνήμης εργασίας παρεμβαίνει στην αντιληπτική εμπειρία της χρονικής διάρκειας (Gu, van Rijn, & Meck, 2015).

Ορισμένοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι οι διαστρεβλώσεις στην εκτίμηση του χρόνου οφείλονται σε διαφορές στο σύστημα ρολογιού, με το ρολόι να λειτουργεί πιο γρήγορα για τα ακουστικά συγκριτικά με τα οπτικά ερεθίσματα (Penney κ.α., 2000· Wearden κ.α., 1998). Επομένως, όταν το ρολόι λειτουργεί πιο γρήγορα, εκπέμπονται και συσσωρεύονται περισσότεροι παλμοί και συνεπώς η χρονική διάρκεια κρίνεται μεγαλύτερη. Σημαντικός αριθμός ερευνητών υποστηρίζει ότι υπάρχουν διαφορετικά συστήματα ρολογιών για την κάθε τροπικότητα, ενώ άλλοι ισχυρίζονται ότι υπάρχει ένα σύστημα ανεξάρτητο από εκείνες (Buetti, 2011· Stauffer et al., 2012). Ωστόσο, όλοι συμφωνούν ότι η χρονική εκτίμηση είναι ακριβέστερη για τα ακουστικά παρά για τα οπτικά ερεθίσματα και ότι αυτό σχετίζεται με το γεγονός ότι οι φυσιολογικές διεργασίες είναι ταχύτερες στο ακουστικό συγκριτικά με το οπτικό αισθητήριο σύστημα. Στη δεδομένη μελέτη σημειώθηκε μη στατιστικώς σημαντική, θετική συσχέτιση ανάμεσα στα ακουστικά ερεθίσματα και την χωρητικότητα της μνήμης εργασίας. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ευρέως και σε ενήλικες ότι τα ακουστικά ερεθίσματα κρίνονται ότι διαρκούν περισσότερο από τα οπτικά ερεθίσματα της ίδιας διάρκειας (Asaoka & Gyoba, 2015· Chen & Yeh, 2009· Goldstone & Goldfarb, 1964a,b· Goldstone & Lhamon, 1972, 1974· Grondin, Meilleur-Wells, Ouellette, & Macar, 1998· Lustig & Meck, 2011· Ortega, Lopez & Church, 2009· Penney, 2003· Penney, Gibbon, & Meck, 2000· Rammsayer, Bortner & Troche, 2015· Stauffer,

Haldemann, Troche, & Rammsayer, 2012· Walker & Scott, 1981· Wearden, Edwards, Fakhri, & Percival, 1998· Wearden, Todd & Jones, 2006).

## 4.2 Περιορισμοί

Ως πρώτος περιορισμός της έρευνας θα μπορούσε να αναφερθεί το μέγεθος του δείγματος. Μπορεί ο συνολικός αριθμός των συμμετεχόντων να ήταν σημαντικός (N= 112), ωστόσο ένα μεγαλύτερο δείγμα θα προσέφερε μεγαλύτερη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων στον ειδικό πληθυσμό επίσης αυτό θα ήταν περισσότερο εφικτό εάν υπήρχε καλύτερη αντιπροσώπευση των ηλικιακών κατηγοριών. Παρόλο που το εύρος της ηλικίας των συμμετεχόντων στην έρευνα είναι μεγάλο (18-66 ετών), οι περισσότεροι συμμετέχοντες ανήκουν στην νεότερη ηλικιακή ομάδα (18-35 ετών) και έτσι η ομάδα αυτή υπερεκπροσωπείται σε σχέση με τις μεγαλύτερες ηλικίες.

Επίσης, περιοριστικό παράγοντα αποτελεί η χρήση ενός εργαλείου το οποίο δεν είναι σταθμισμένο στην Ελλάδα και στα ελληνικά αλλά σταθμίζεται μέσω της παρούσας έρευνας σε ένα δείγμα 100 ατόμων για την εταιρεία Nesplora. Το ελληνικό δείγμα θα προστεθεί στις διαδικασίες στάθμισης του εργαλείου μαζί με τα δείγματα των υπόλοιπων χωρών που συμμετέχουν στην έρευνα της εταιρείας Nesplora και θα συμβάλει στον τελικό καθορισμό των μεταβλητών που με σιγουριά υπολογίζονται στο πεδίο των επιτελικών λειτουργιών. Έχει χρησιμοποιηθεί, στο πλαίσιο του παιχνιδιού εικονικής πραγματικότητας, πληθώρα μετρήσεων, οι οποίες αντιστοιχούν σε κλασσικά τεστ εκτίμησης των επιτελικών λειτουργιών και η τελική αντιστοίχιση θα μπορέσει να γίνει με βεβαιότητα κατόπιν της ολοκλήρωσης της στάθμισης του εργαλείου. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο και τα δεδομένα που προέκυψαν ακολουθώντας επακριβώς τις οδηγίες της Nesplora και χρησιμοποιώντας ακριβώς όσα δεδομένα παρείχε μέχρι στιγμής.

Ένα επιπλέον στοιχείο που θα πρέπει να αναφερθεί ως περιορισμός της παρούσας έρευνας είναι η έλλειψη επιπρόθετων μεταβλητών, σχετικών με την γνωστική διεργασία της μνήμης εργασίας από τα δεδομένα. Συγκεκριμένα, ο περιορισμός αφορά στην επιλογή μόνο του αθροίσματος των ανακαλούμενων στοιχείων από τους συμμετέχοντες, για την αξιολόγηση του έργου ελεύθερης ανάκλησης. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Miller & Unsworth, 2018), προκειμένου να προκύψει ένα ακριβέστερο σκορ σε ένα έργο ελεύθερης ανάκλησης είναι σημαντική η



ανάλυση μεταβλητών όπως το συνολικό άθροισμα των στοιχείων που ανακλήθηκαν σωστά, ο μέσος όρος της καθυστέρησης της ανάκλησης και οι συνολικές επαναλήψεις.

Ακόμη, θα μπορούσε να προσδώσει περαιτέρω δυνατότητες στην γενίκευση των αποτελεσμάτων της έρευνας, η χρήση περισσότερων χρονικών έργων για την εκτίμηση της χρονικής αντίληψης και όχι ο περιορισμός στο έργο διχοτόμησης (bisection task). Επιπρόσθετα, αναφορικά με την διεξαγωγή του έργου χρονικής εκτίμησης, θεωρείται κρίσιμο να αναφερθεί η δυσκολία στη συλλογή δεδομένων από την επίδοση των συμμετεχόντων, εξαιτίας των συνθηκών που πρέπει να τηρούνται για την αξιολόγηση της χρονικής αντίληψης της διάρκειας. Ενδεικτικά, μία πιθανή διαφοροποίηση στον φωτισμό του χώρου και στην απόσταση των συμμετεχόντων από την οθόνη κατά την εκτίμηση της διάρκειας των οπτικών ερεθισμάτων, καθώς επίσης μία πιθανή ύπαρξη εξωτερικών διασπαστών κατά την εκτίμηση της διάρκειας ακουστικών ερεθισμάτων, ίσως επέδρασε στην επίδοση των συμμετεχόντων, μειώνοντας την ακρίβεια της απόκρισης.

### 4.3 Προτάσεις

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω περιορισμούς, θα ήταν ίσως χρήσιμο να αναφερθούν συγκεκριμένες προτάσεις αναφορικά με την βαθύτερη και πληρέστερη διερεύνηση της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας και της χρονικής αντίληψης.

Πιο αναλυτικά, ένας τρόπος εξέτασης του εύρους αναζήτησης ή του αριθμού των στοιχείων που επιλέγονται σε ένα έργο ελεύθερης ανάκλησης, είναι με την συμπερίληψη της μεταβλητής της καθυστέρησης ανάκλησης του ατόμου. Η καθυστέρηση ανάκλησης αναφέρεται στο χρονικό σημείο μιας περιόδου ανάκλησης κατά την οποία παράγεται μια επιτυχής απόκριση ως εκ τούτου, η καθυστέρηση ανάκλησης είναι ο μέσος χρόνος που απαιτείται για την ανάκληση των στοιχείων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το μοντέλο τυχαίας αναζήτησης υποθέτει ότι η δειγματοληψία των μνημονικών αναπαραστάσεων από το σύνολο της αναζήτησης συμβαίνει με έναν σταθερό ρυθμό, με αντικατάσταση (Wixted & Rohrer, 1994). Έτσι από του έχει γίνει η δειγματοληψία, οι πιθανότητες επιλογής ενός συγκεκριμένου στοιχείου στο επόμενο δείγμα είναι σταθερές καθώς το στοιχείο επαναλαμβάνει τη θέση του στο σύνολο αναζήτησης και μπορεί κατά συνέπεια να επιλεγθεί (ως δείγμα) εκ νέου.



Βάσει της παραπάνω υπόθεσης, το μοντέλο τυχαίας αναζήτησης προβλέπει ότι πιθανώς σημειώνεται μεγαλύτερη καθυστέρηση ανάκλησης στα μεγαλύτερα σύνολα αναζήτησης (Wixted & Rohrer, 1994). Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες λίστες στοιχείων συνδέονται με μεγαλύτερα σύνολα αναζήτησης, με αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου που απαιτείται για τη δειγματοληψία κάθε αντικειμένου. Ακόμη, οι Wixted και Rohrer (1994) αποκάλυψαν ότι καθώς οι προσθετικές παρεμβολές αυξήθηκαν για το σύνολο των λιστών, η καθυστέρηση ανάκλησης αυξήθηκε επίσης. Περισσότερος χρόνος απαιτήθηκε για τη δειγματοληψία αντικειμένων όταν το σύνολο αναζήτησης διογκώθηκε τεχνητά από την παρουσία εισβολών. Συνολικά, αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η καθυστέρηση ανάκλησης σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αναζητούν αντικείμενα στη μακρόχρονη μνήμη “δημιουργώντας ευρετήρια” του συνόλου αναζήτησης.

Μια πρόσθετη μεταβλητή ενδιαφέροντος που συνήθως σχετίζεται με την καθυστέρηση ανάκλησης είναι οι χρόνοι ανάμεσα στις διαδοχικές αποκρίσεις. Σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα (Rohrer, 1996· Wixted & Rohrer, 1994), αποδεικνύεται ότι οι IRTs καθορίζονται από τον αριθμό των ανακτήσιμων στοιχείων σε ένα σύνολο αναζήτησης που δεν έχουν ακόμη ανακληθεί, που σημαίνει ότι οι IRTs αυξάνονται εκθετικά ως συνάρτηση της θέσης εξόδου (Murdock & Okada, 1970· Wixted & Rohrer, 1994). Υποθέτοντας ότι τα αντικείμενα λαμβάνονται συνεχώς ως δείγματα με αντικατάσταση, είναι πιθανότερο κάθε επόμενο/μεταγενέστερο δείγμα να οδηγήσει στην ανάκτηση ενός αντικειμένου που έχει ήδη επιλεγεί /δειγματιστεί (δηλαδή, επανάληψη) ή στην εισβολή/ παρεμβολή. Εάν τα επόμενα δείγματα οδηγήσουν στην ανάκτηση μιας σειράς εισβολών/ παρεμβολών, οι IRTs αναμένεται να αυξηθούν. Προς υποστήριξη αυτού του ισχυρισμού, ο Unsworth (2016) απέδειξε ότι ένα πιο εστιασμένο σύνολο αναζήτησης που περιέχει λιγότερο άσχετες πληροφορίες συσχετίστηκε με ταχύτερους IRTs σε σύγκριση με ένα μεγαλύτερο σύνολο αναζήτησης που αποτελείται από περισσότερες εισβολές/ παρεμβολές. Επομένως, οι IRTs παρέχουν επιπρόσθετες, μοναδικές πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της μνημονικής αναζήτησης κάποιου, παρέχοντας ίσως την πιο ακριβή απεικόνιση της χρονικής πορείας της ανάκτησης. Συνολικά, είναι προφανές ότι ο χρόνος που απαιτείται για την ανάκληση στοιχείων, είτε πρόκειται για τη δημιουργία ευρετηρίων μέσω της καθυστέρησης ανάκλησης είτε για τους IRTs, σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο το άτομο αναζητά το περιεχόμενο στην μακρόχρονη μνήμη. Η απόδοση των ατόμων με

χαμηλής χωρητικότητας μνήμη εργασίας χαρακτηρίζεται επίσης από βραδύτερους χρόνους ανάκλησης και IRTs.

Αναφορικά με την αξιολόγηση της χρονικής αντίληψης, ένα πιθανό έργο που μπορεί να συμπεριληφθεί σε μία μελλοντική έρευνα είναι το έργο εκτίμησης της χρονικής σειράς (Temporal Order Judgment- TOJ). Το έργο εκτίμησης της χρονικής σειράς επιλέγεται συνήθως για τη σύγκριση των αντιληπτικών καθυστερήσεων των οπτικών, ακουστικών και οπτικοακουστικών ερεθισμάτων (Boenke et al., 2009· Cardoso- Leite et al., 2007· Miller & Schwartz, 2006· Shi et al., 2008· Spence et al., 2001). Κατά την αξιολόγηση της χρονικής αντίληψης σε ένα έργο χρονικής σειράς, δύο ερεθίσματα παρουσιάζονται με ποικίλες ασύγχρονες εκκινήσεις και οι συμμετέχοντες καλούνται να υποδείξουν τη χρονική τους σειρά. Αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν την αντίληψη της χρονικής σειράς. Ένα από αυτούς είναι η τροπικότητα των ερεθισμάτων (Hirsh & Sherrick, 1961· Jaskowski et al., 1990· Roufs, 1974· Rutschmann & Link, 1964· Spence et al., 2001)

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological Bulletin*, *131*, 30–60.
- Addis, D.R., Wong, A.T., & Schacter, D.L. (2007). Remembering the past and imagining the future: common and distinct neural substrates during event construction and elaboration. *Neuropsychologia*, *45*, 1363–1377.
- Addis, D. R., & Schacter, D. L. (2011). The hippocampus and imagining the future: where do we stand? *Front. Hum. Neurosci*, *5*, 173.
- Alais, D., & Burr, D. (2004). The ventriloquist effect results from near- optimal bimodal integration. *Curr. Biol.*, *14*(3), 257–262.
- Anastasio, T.J., Patton, P.E., & Belkacem-Boussaid, K. (2000). Using Bayes' Rule to model multisensory enhancement in the superior colliculus. *Neural Comput*, *12*, 1165–1187.
- Asaoka, R., & Gyoba, J. (2015). Effects of sensory modality and retention delay on time reproduction performance. *The Japanese Journal of Psychonomic Science*, *34*(1), 53–59.
- Baird, B., Smallwood, J., & Schooler, J.W. (2011). Back to the future: autobiographical planning and the functionality of mind- wandering. *Conscious. Cogn*, *20*, 1604–1611.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, *8*, 47–90, New York: Academic Press.

- Baddeley, A. D. (1998). Recent developments in working memory. *Current Opinions in Neurobiology*, 8, 234–238.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in Cognitive Science.*, 4, 417–423.
- Baddeley, A.D., Allen, R.J., Hitch, G.J. (2011). Binding in visual working memory: the role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49, 1393– 1400.
- Berger, C. C., & Ehrsson, H.H. (2013). Mental imagery changes multisensory perception. *Curr. Biol.*, 23, 1367–1372.
- Berger, C.C., & Ehrsson, H.H. (2014). The fusion of mental imagery and sensation in the temporal association cortex. *J. Neurosci.*, 34, 13684– 13692.
- Block, R. A., & Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: a meta-analytic review. *Psychon Bull Rev.*, 4(2), 184–197.
- Boenke, L. T., Deliano, M., & Ohl, F. W. (2009). Stimulus duration influences perceived simultaneity in audiovisual temporal-order judgment. *Exp. Brain Res.*, 198, 233–244.
- Bombín-González, I., Cifuentes-Rodríguez, A., Climent-Martínez, G., Luna-Lario, P., Cardas-Ibáñez, J., Tirapu-Ustárróz, J., & Díaz-Orueta, U. (2014). Validez 60 ecológica y entornos multitarea en la evaluación de las funciones ejecutivas. *revista de Neurología*, 59(2), 77-87.
- Broadway, J. M., & Engle, R. W. (2010). Validating running memory span: Measurement of working memory capacity and links with fluid intelligence. *Behavior Research Methods*, 42, 563–570.

- Broadway, J.M., & Engle, R.W. (2011a). Lapsed attention to elapsed time? Individual differences in working memory capacity and temporal reproduction. *Acta Psychol*, *137*, 115–126.
- Broadway, J.M., & Engle, R.W. (2011b). Individual differences in working memory capacity and temporal discrimination. *PLoS ONE*, *6*(10).
- Brown, S.W. (1997). Attentional resources in timing: interference effects in concurrent temporal and non temporal working memory tasks. *Atten. Percept. Psychophys*. *59* (7), 1118–1140.
- Bloom, F.E., & Lazeron, A. (1988). *Brain, Mind, and Behavior*. New York, NY: W. H. Freeman and Company.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nat. Rev. Neurosci*, *6*, 755– 765.
- Busse, L., Roberts, K.C., Crist, R.E., Weissman, D.H., & Woldorff, M.G. (2005). The spread of attention across modalities and space in a multisensory object. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, *102*, 18751– 18756.
- Butler, J.S., Molholm, S., Fiebelkorn, I.C., Mercier, M.R., Schwartz, T.H., & Foxe, J.J. (2011). Common or redundant neural circuits for duration processing across audition and touch. *J. Neurosci*, *31*, 3400–3406.
- Calvert, G.A., Campbell, R., & Brammer, M.J. (2000). Evidence from functional magnetic resonance imaging of crossmodal binding in the human heteromodal cortex. *Curr. Biol*, *10*, 649–657.
- Cardoso-Leite, P., Gorea, A., & Mamassian, P. (2007). Temporal order judgment and simple reaction times: evidence for a common processing system. *J. Vis.*, *7*, 1–14.

- Chen, K. M., & Yeh, S. L. (2009). Asymmetric crossmodal effects in time perception. *Acta Psychologica, 130*(3), 225–234.
- Chikkerur, S., Serre, T., Tan, C., & Poggio, T. (2010). What and where: a Bayesian inference theory of attention. *Vision Res., 50*, 2233– 2247.
- Church, R. M. (1984). Properties of the internal clock. *Ann NY Acad Sci, 423*, 566–582.
- Climent-Martínez, G., Luna-Lario, P., Bombín-González, I., Cifuentes- Rodríguez, A., Tirapu-Ustárroz, J., & Díaz-Orueta, U. (2014). Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual. *Rev Neurol, 58*(465), 75.
- Corbetta, M., & Shulman, G.L. (2002). Control of goal-directed and stimulus driven attention in the brain. *Nat. Rev. Neurosci., 3*, 201– 215.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. NY: Oxford University Press.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behav. Brain Sci, 24*, 87– 114.
- Cowan, N., Saults, J.S., & Blume, C.L. (2014). Central and peripheral components of working memory storage. *J. Exp. Psychol. Gen., 143*, 1806–1836.
- Craik, F. I. M., (1986). A functional account of age differences in memory. In F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities. Mechanisms and performances* (pp. 409-422). Amsterdam: Elsevier.

- Da Costa, R. M. E. M., & de Carvalho, L. A. V. (2004). The acceptance of virtual reality devices for cognitive rehabilitation: a report of positive results with schizophrenia. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *73*(3), 173-182
- D'Argembeau, A., & Mathy, A. (2011). Tracking the construction of episodic future thoughts. *J. Exp. Psychol. Gen*, *140*, 258–271.
- Davelaar, E. J., & Raaijmakers, J. G. W. (2012). *Human memory search*, in *Cognitive Search: Evolution, Algorithms, and the Brain*. Strüngmann Forum Reports, eds Todd P. M., Hills T., Robbins T., Cambridge, MA: MIT Press, 177–193.
- Deary, I. J. (2000). *Looking down on human intelligence*. Oxford: Oxford University Press.
- Delogu, F., Raffone, A., & Belardinelli, M.O. (2009). Semantic encoding in working memory: is there a(multi)modality effect? *Memory*, *17*, 655– 663.
- Deneve, S., & Pouget, A. (2004). Bayesian multisensory integration and cross-modal spatial links. *J. Physiol.*, *98*, 249–258.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, *18*, 193–222.
- Desimone, R. (1996). Neural mechanisms for visual memory and their role in attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *93*, 13494–13499.
- Donohue, S.E., Todisco, A.E., & Woldorff, M.G. (2014). The rapid distraction of attentional resources toward the Source of incongruent stimulus input during multisensory conflict. *J. Cogn. Neurosci*, *25*, 623–635.

- Droit-Volet, S. (2003). Alerting attention and time perception in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85(4), 372-384
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. H. (2001). Temporal bisection in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(2), 142-159
- Droit-Volet, S., & Zélanti, P. S. (2013). Development of time sensitivity and information processing speed. *PloS one*, 8(8), e71424.
- Droit-Volet, S., & Hallel, Q. (2018). Differences in modal distortion in time perception due to working memory capacity: a response with a developmental study in children and adults. *Psychological Research*, 83(7), 1496-1505.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology. General*, 128, 309–331.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 19–23.
- Ernst, M.O., & Banks, M.S. (2002). Humans integrate visual and haptic information in a statistically optimal fashion. *Nature*, 415, 429–433.
- Fairhall, S.L., & Macaluso, E. (2009). Spatial attention can modulate audiovisual integration at multiple cortical and subcortical sites. *Eur. J. Neurosci*, 29, 1247–1257.
- Farah, M. J., Hammond, K. M., Levine, D. N., & Calvanio, R. (1988). Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation. *Cognitive Psychology*, 20, 439–462.



- Fiebelkorn, I.C., Foxe, J.J., & Molholm, S. (2010). Dual mechanisms for the cross-sensory spread of attention: how much do learned associations matter? *Cereb. Cortex*, *20*, 109–120.
- Fiebelkorn, I.C., Foxe, J.J., Butler, J.S., Mercier, M.R., Snyder, A.C., & Molholm, S. (2011). Ready, set, reset: stimulus-locked periodicity in behavioral performance demonstrates the consequences of cross-sensory phase reset. *J. Neurosci.*, *31*, 9971–9981.
- Fingelkurts, A. A., Fingelkurts, A. A., & Neves, C.F.H. (2010). Natural world physical, brain operational, and mind phenomenal space–time. *Phys. Life Rev.*, *7*, 195–249.
- Fougnie, D., & Marois, R. (2011). What limits working memory capacity? Evidence for modality-specific sources to the simultaneous storage of visual and auditory arrays. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*, *37*, 1329–1341.
- Friston, K. (2005). A theory of cortical responses. *Philos. Trans. R. Soc. B. Biol. Sci.*, *360*, 815–836.
- Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nat. Rev. Neurosci.*, *11*, 127–138.
- Gautier, T., & Droit-Volet, S. (2002). The impact of attentional distraction on temporal bisection in children. *International Journal of Psychology*, *37*, 27–34.
- Giard, M.H., & Péronnet, F. (1999). Auditory-visual integration during multimodal object recognition in humans: a behavioral and electrophysiological study. *J. Cogn. Neurosci.*, *11*, 473–490.
- Goldman-Rakic, P. S. (1995). Cellular basis of working memory. *Neuron*, *14*, 477–485.

- Goldstone, S., & Goldfarb, J. (1964a). Auditory and visual time judgement. *The Journal of General Psychology*, *70*, 369–387.
- Goldstone, S., & Goldfarb, J. (1964b). Direct comparison of auditory and visual durations. *Journal of Experimental Psychology*, *67*, 483–485.
- Goldstone, S., & Lhamon, W. T. (1972). Auditory-visual differences in human temporal judgement. *Perceptual and Motor Skills*, *34*, 623–633.
- Goldstone, S., & Lhamon, W. T. (1974). Studies of auditory-visual differences in human timing judgment, 1: Sounds are judged longer than lights. *Perceptual and Motor Skills*, *39*, 63–82.
- Goolkasian, P., & Foos, P.W. (2005). Bimodal format effects in working memory. *Am. J. Psychol.*, *118*, 61–77.
- Grondin, S., & Macar, F. (1992). Dividing attention between temporal and nontemporal tasks: a performance operating characteristics —POC— analysis. In *Time, action and cognition. Towards bridging the gap* (eds F. Macar, V. Pouthas & W. J. Friedman), pp. 119–128. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Grondin, S., Meilleur-Wells, G., Ouellette, C., & Macar, F. (1998). Sensory effects on judgements of short-time intervals. *Psychological Research Psychologische Forschung*, *61*, 261–268.
- Grondin, S. (2010). Timing and time perception: a review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Atten. Percept. Psychophys.* *72*, 561–582.

- Gu, B. M., van Rijn, H. & Meck, W. H. (2015). Oscillatory multiplexing of neural population codes for interval timing and working memory. *Neurosci Bio Behav Rev*, 48, 160–85.
- Helbig, H. B., & Ernst, M.O. (2007). Optimal integration of shape information from vision and touch. *Exp. Brain Res.*, 179, 595–606.
- Heron, J., Aaen-Stockdale, C., Hotchkiss, J., Roach, N. W., McGraw, P. V., & Whitaker, D. (2012). Duration channels mediate human time perception. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 279 (1729), 690–698.
- Hill, P. F., & Emery, L. J. (2013). Episodic future thought: contributions from working memory. *Conscious. Cogn.*, 22, 677–683.
- Hirsh, I. J., and Sherrick, C. E. Jr. (1961). Perceived order in different sense modalities. *J. Exp. Psychol.*, 62, 423–432.
- Holmes, N.P. (2009). The principle of inverse effectiveness in multisensory integration: some statistical considerations. *Brain Topogr.*, 21, 168–176.
- Howard, I.P., & Templeton, W.B. (1966). *Human Spatial Orientation*. Oxford, England: John Wiley and Sons.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. London, UK: MacMillan.
- Jaskowski, P., Jaroszyk, F., & Hojan- Jeziarska, D. (1990). Temporal-order judgments and reaction time for stimuli of different modalities. *Psychol. Res.*, 52, 35–38.
- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2007). *Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control*. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. A. Kane.

- Kiebel, S., J., Daunizeau, J., & Friston K., J. (2008). A Hierarchy of Time-Scales and the Brain. *PLOS Computational Biology*, 4(11).
- Klemen, J., & Chambers, C.D. (2011). Current perspectives and methods in studying neural mechanisms of multisensory interactions. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 36, 111–133.
- Klink, P. C., Montijn, J. S., & van Wezel, R. J. A. (2011). Crossmodal duration perception involves perceptual grouping, temporal ventriloquism, and variable internal clock rates. *Attention Perception & Psychophysics*, 73(1), 219–236.
- Kok, P., Rahnev, D., Jehee, J.F.M., Lau, H.C., & de Lange, F.P. (2011). Attention Reverses the effect of prediction in silencing sensory signals. *Cereb. Cortex*, 22, 2197–2206.
- Kok, P., Jehee, J.F.M., Lau, H.C., & de Lange, F.P. (2012). Less is more: expectation sharpens representations in the primary visual cortex. *Neuron*, 75, 265–270.
- Kording, K.P., Beierholm, U., Ma, W. J., Quartz, S., Tenenbaum, J.B., & Shams, L. (2007). Causal inference in multisensory perception, *PloS ONE* 2.
- Kuang, S., & Zhang, T. (2014). Smelling directions: Olfaction modulates ambiguous visual motion perception. *Scientific Reports*, 4, 5796.
- Lalonde, G., Henry, M., Drouin-Germain, A., Nolin, P., & Beauchamp, M. H. (2013). Assessment of executive function in adolescence: A comparison of traditional and virtual reality tools. *Journal of Neuroscience Methods*, 219(1), 76-82
- Lederman, Susan J., Klatzky, & Roberta L. (2004). "Multisensory Texture Perception". In Calvert, Gemma A.; Spence, Charles; Stein, Barry E. (eds.). *The Handbook of Multisensory Processing*. Cambridge, MA: MIT Press. pp. 107–122.

- Lehmann, S., & Murray, M.M. (2005). The role of multisensory memories in unisensory object discrimination. *Brain Res. Cogn. Brain Res.*, 24, 326–334.
- Lewald, J., & Guski, R.(2003). Cross-modal perceptual integration of spatially and temporally disparate auditory and visual stimuli. *Cogn. Brain Res*, 16, 468–478.
- Lu, A., Hodges, B., Zhang, J., & Zhang, J. X. (2009). Contextual effects on number–time interaction. *Cognition*, 113, 117–122.
- Lustig, C., & Meck, W. H. (2011). Modality difference in timing and temporal memory throughout the lifespan. *Brain and Cognition*, 77, 298–303.
- Maniadakis, M., & Trahanias, P. (2014). Time models and cognitive processes: a review. *Frontiers in neurorobotics*, 8, 7.
- Matthews, W. J. (2011). How do changes in speed affect the perception of duration? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 1617–1627.
- Matthews, W. J., Stewart, N., & Wearden, J. H. (2011). Stimulus intensity and the perception of duration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 303–313.
- Matthews, W. J., & Meck, W. H. (2016). Temporal cognition: Connecting subjective time to perception, attention, and memory. *Psychological Bulletin*, 142(8), 865-907.
- McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746– 748.

- Mecklinger, A., & Pfeifer, E. (1996). Event-related potentials reveal topographical and temporal distinct neuronal activation patterns for spatial and object working memory. *Cognitive Brain Research*, *4*, 211–224.
- Miller, J., & Schwarz, W. (2006). Dissociations between reaction times and temporal order judgments: a diffusion model approach. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, *32*, 394–412.
- Miller, A. L., & Unsworth, N. (2018). Individual differences in working memory capacity and search efficiency. *Memory & Cognition*, *46*, 1149–1163.
- Molholm, S., Ritter, W., Murray, M.M., Javitt, D.C., Schroeder, C.E., & Foxe, J.J. (2002). Multisensory auditory-visual interactions during early sensory processing in humans: a high-density electrical mapping study. *Cogn. Brain Res.*, *14*, 115–128.
- Molholm, S., Martinez, A., Shpaner, M., & Foxe, J.J. (2007). Object-based attention is multisensory: co-activation of an object's representations in ignored sensory modalities. *Eur. J. Neurosci*, *26*, 499–509.
- Monto, S. (2012). Nested synchrony – a novel cross-scale interaction among neuronal oscillations. *Front. Physiol.*, *3*, 384.
- Morey, C.C., & Cowan, N. (2004). When visual and verbal memories compete: evidence of cross-domain limits in working memory. *Psychon. Bull. Rev.*, *11*, 296–301.
- Morey, C.C., & Cowan, N. (2005). When do visual and verbal memories conflict? The importance of working-memory load and retrieval. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*, *31*, 703–713.

- Newcombe, F., Ratcliff, G., & Damasio, H. (1987). Dissociable visual and spatial impairments following right posterior cerebral lesions: Clinical, neuropsychological, and anatomical evidence. *Neuropsychologia*, *18*, 149–161.
- Ngo, N. K., & Spence, C. (2010). Auditory, tactile, and multisensory cues can facilitate search for dynamic visual stimuli. *Atten. Percept. Psychophys*, *72*, 1654–1665.
- Nichelli, P. (1993). *The neuropsychology of human temporal information processing*. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology*, (pp. 339–371). Amsterdam: Elsevier.
- Nittrouer, S. (1999). Do temporal processing deficits cause phonological processing problems? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *42*, 925–942.
- Noesselt, T., Rieger, J.W., Schoenfeld, M.A., Kanowski, M., Hinrichs, H., Heinze, H.J., et al. (2007). Audiovisual temporal correspondence modulates human multisensory superior temporal sulcus plus primary sensory cortices. *J. Neurosci*, *27*, 11431–11441.
- Oberauer, K., Süß, H. M., Wilhelm, O., & Wittmann, W. (2003). The multiple faces of working memory: Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, *31*, 167–193.
- Oberauer, K. (2009). Design for a working memory. *Psychol. Learn. Motiv.*, *51*, 45–100.
- Ogden, R. S., Salominaite, E., Jones, L. A., Fisk, J. E., & Montgomery, C. (2011). The role of executive functions in human prospective interval timing. *Acta psychologica*, *137*(3), 352–358.
- Ortega, L., Lopez, F., & Church, R. M. (2009). Modality and intermittency effects on time estimation. *Behavioural Processes*, *81*, 270–273.

- Ossmy, O., Moran, R., Pfeffer, T., Tsetsos, K., Usher, M., & Donner, T.H. (2013). The timescale of perceptual evidence integration can be adapted to the environment. *Curr. Biol.*, 23(11), 987-986.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representation: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.
- Pan, Y. (2010). Content-based working memory-driven visual attention [in Chinese]. *Advances in Psychological Science*, 18, 210–219.
- Pan, Y., & Luo, Q.Y. (2011). Working memory modulates the perception of time. *Psychonomic Society. Psychon Bull Rev*, 19, 46–51.
- Pariyadath, V., & Eagleman, D. M. (2008). Brief subjective durations contract with repetition. *Journal of Vision*, 8(16), 11:1–6.
- Penney, T. B. (2003). Modality differences in interval timing: Attention, clock speed, and memory. In W. H. Meck (Ed.), *Functional and neural mechanisms of interval timing* (pp. 209–234). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Penney, T. B., Gibbon, J., & Meck, W. H. (2000). Differential effects of auditory and visual signals on clock speed and temporal memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1770–1787.
- Polti, I., Martin, B. & van Wassenhove, V. (2018). The effect of attention and working memory on the estimation of elapsed time. *Sci Rep*, 8, 6690.



- Poppel, E. (1997). A hierarchical model of temporal perception. *Trends Cogn. Sci*, 1, 56–61.
- Postle, B.R. (2006). Working memory as an emergent property of the mind and brain. *Neuroscience*, 139, 23–38.
- Pouthas, V., & Perbal, S. (2004). Time perception depends on accurate clock mechanisms as well as unimpaired attention and memory processes. *Acta Neurobiol Exp*, 64(3), 367–386.
- Pugnetti, L., Mendozzi, L., Attree, E. A., Barbieri, E., Brooks, B. M., Cazzullo, C. L., ... & Rose, F. D. (1998). Probing memory and executive functions with virtual reality: Past and present studies. *CyberPsychology & Behavior*, 1(2), 151-161
- Raaijmakers, J., G. W., & Shiffrin, R. M. (1980). SAM: A theory of probabilistic search of associative memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation Vol. 14* (pp. 207–262). New York: Academic Press.
- Radonovich, K. J., & Mostofsky, S. H. (2004). Duration judgments in children with ADHD suggest deficient utilization of temporal information rather than general impairment in timing. *Child Neuropsychology*, 10(3), 162–172.
- Rammsayer, T. H., Borter, N., & Troche, S. J. (2015). Visual-auditory differences in duration discrimination of intervals in the subsecond and second range. *Frontiers in psychology*, 6, 1626.
- Rohenkohl, G., Cravo, A., M., Wyart, V., & Nobre, A., C. (2012). Temporal expectation improves the quality of sensory information. *J. Neurosci.*, 32(24), 8484- 8428.

- Rohrer, D. (1996). On the relative and absolute strength of a memory trace. *Memory & Cognition*, 24, 188–201.
- Rosen, V. M., & Engle, R. W. (1997). The role of working memory capacity in retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126, 211–227.
- Roufs, J. A. (1974). Dynamic properties of vision. V. Perception lag and reaction time in relation to flicker and flash thresholds. *Vision Res.*, 14, 853–869.
- Ruchkin, D. S., Johnson, J. R., Grafman, J., Canoune, H., & Ritter, W. (1997). Multiple visuospatial working memory buffers: Evidence from spatiotemporal patterns of brain activity. *Neuropsychologia*, 35, 195–209.
- Rutschmann, J., & Link, R. (1964). Perception of temporal order of stimuli differing in sense mode and simple reaction time. *Percept. Mot. Skills*, 18, 345–352.
- Salthouse, T. A. (2001a). Structural models of the relations between age and measures of cognitive functioning. *Intelligence*, 2(9), 93–115.
- Saults, J.S., & Cowan, N. (2007). A central capacity limit to the simultaneous storage of visual and auditory arrays in working memory. *J. Exp. Psychol. Gen.*, 136, 663–684.
- Sawyer, T. F., Meyers, P. J. & Huser, S. J. (1994). Contrasting task demands alter the perceived duration of brief time intervals. *Percept Psychophys*, 56(6), 649–57.
- Sekuler, R., Sekuler, A.B., & Lau, R. (1997). Sound alters visual motion perception. *Nature*.
- Shi, Z., Hirche, S., Schneider, W., and Müller, H. (2008). “Influence of visuomotor action on visual-haptic simultaneous perception: a psychophysical study,” in Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems (Reno, NV).

- Shiffrin, R. M. (1970). Memory search. In D. A. Norman (Ed.), *Models of human memory*, 375–447, New York: Academic Press.
- Smith, E. E., Jonides, J., Koeppe, R. A., Awh, E., Schumacher, E. H., & Minoshima, S. (1995). Spatial versus object working memory: PET investigations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *7*, 337–356.
- Sonuga-Barke, E., Bitsakou, P., & Thompson, M. (2010). Beyond the dual pathway model: Evidence for the dissociation of timing, inhibitory and delay-related impairments in attention deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *49*, 345–355.
- Soto, D., Hodsell, J., Rotshtein, P., & Humphreys, G. W. (2008). Automatic guidance of attention from working memory. *Trends in Cognitive Science*, *12*, 342–348.
- Spence, C., Shore, D. I., and Klein, R. M. (2001). Multisensory prior entry. *J. Exp. Psychol. Gen.*, *130*, 799–832.
- Stauffer, C. C., Haldemann, J., Troche, S. J., & Rammsayer, T. H. (2012). Auditory and visual temporal sensitivity: evidence for a hierarchical structure of modality-specific and modality-independent levels of temporal information processing. *Psychological Research*, *76*, 20–31.
- Stein, B.E., & Meredith, M.A. (1993). *The Merging of the Senses*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stein, B.E., & Stanford, T.R. (2008). Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron. *Nat. Rev. Neurosci*, *9*, 255–266.
- Stein, B.E., Burr, D., Constantinidis, C., Laurienti, P. J., Alex Meredith, M., Perrault, T. J., et al. (2010). Semantic confusion regarding the development of

- multisensory integration: a practical solution. *Eur. J. Neurosci.*, *31*, 1713–1720.
- Stein, B.E., & Rowland, B.A. (2011). Organization and plasticity in multisensory integration. *Prog. Brain Res*, *191*, 145–163.
- Szpunar, K.K., Chan, J.C., & Mc Dermott, K.B. (2009). Contextual processing in episodic future thought. *Cereb. Cortex*, *19*, 1539– 1548.
- Taatgen, N. A., van Rijn, H., & Anderson, J. R. (2007). An integrated theory of prospective time interval estimation: the role of cognition, attention and learning. *Psychol. Rev*, *114*, 577–598.
- Talsma, D. (2015). Predictive Coding and Multisensory Integration: An Attentional Account of the Multisensory Mind. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *9*, 1-13.
- Teki, S., & Griffiths, T. D. (2014). Working memory for time intervals in auditory rhythmic sequences. *Front Psychol*, *5*.
- Thelen, A., Cappe, C., & Murray, M. (2012). Electrical neuroimaging of memory discrimination based on single-trial multisensory learning. *Neuroimage*, *62*, 1478–1488.
- Thelen, A., Talsma, D., & Murray, M.M. (2015). Single-trial multisensory memories affect later auditory and visual object discrimination. *Cognition*, *138*, 148–160.
- Thompson, V., & Paivio, A. (1994). Memory for pictures and sounds: independence of auditory and visual codes. *Can. J. Exp. Psychol.*, *48*, 380–398.
- Toplak, M. E., Rucklidge, J. J., Hetherington, R., John, S. C. F., & Tannock, R. (2003). Time perception deficits in attention-deficit/ hyperactivity disorder and

comorbid reading difficulties in child and adolescent samples. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 888–903.

Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs: General and Applied*, 77(13), 1.

Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L., & Brogan, D. et al. (1990). The internal clock: Evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19(6), 705-743.

Tresch, M. C., Sinnamon, H. M., & Seamon, J. G. (1993). Double dissociation of spatial and objectvisual memory: Evidence from selective interference in intact human subjects. *Neuropsychologia*, 31,211–219.

Troche, S. J., & Rammsayer, T. H. (2009). The influence of temporal resolution power and working memory capacity on psychometric intelligence. *Intelligence*, 37, 479–486.

Tulving, E. (1972). *Episodic and semantic memory*. In *Organization of Memory*, ed. E. Tulving, W. Donaldson, pp. 381–403. New York: Academic

Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, M. A. Goodale, & R. J. W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behaviour*, pp. 549–587, Cambridge, MA: MIT Press.

Unsworth, N., & Engle, R.W. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychol. Rev*, 114, 104– 132.

Unsworth, N., Redick, T. S., Heitz, R. P., Broadway, J. M., & Engle, R. W. (2009). Complex working memory span tasks and higher-order cognition: A latent-

variable analysis of the relationship between processing and storage. *Memory*, *17*, 635–654.

Unsworth, N., Spillers, G. J., & Brewer, G. A. (2012). The role of working memory capacity in autobiographical retrieval: Individual differences in strategic search. *Memory*, *20*, 167–176.

Unsworth, N. (2016). Working Memory Capacity and Recall From Long-Term Memory: Examining the Influences of Encoding Strategies, Study Time Allocation, Search Efficiency, and Monitoring Abilities, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *42*(1), 50–61.

Van den Brink, R.L., Cohen, M.X., van der Burg, E., Talsma, D., Vissers, M.E., & Slagter, H.A. (2014). Subcortical, modality-specific pathways contribute to multisensory processing in humans. *Cereb. Cortex*, *24*, 2169–2177.

Van der Burg, E., Olivers, C.N.L., Bronkhorst, A.W., & Theeuwes, J. (2008). Pip and pop: non spatial auditory signals improve spatial visual search. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, *34*, 1053–1065.

Van der Burg, E., Talsma, D., Olivers, C.N.L., Hickey, C., & Theeuwes, J. (2011). Early multisensory interactions affect the competition among multiple visual objects. *Neuroimage*, *55*, 1208–1218.

Van Rijn, H. (2016). Accounting for memory mechanisms in interval timing: a review. *Curr. Opin. Behav. Sci.*, *8*, 245–249.

Vatakis, A., & Spence, C. (2007). Crossmodal binding: evaluating the “unity assumption” using audiovisual speech stimuli. *Percept. Psychophys*, *69*, 744–756.

Vetter, P., Smith, F.W., & Muckli, L. (2014). Decoding sound and imagery content in early visual cortex. *Curr. Biol.*, *24*, 1256–1262.

- Vicario, C. M. (2013). Cognitively controlled timing and executive functions develop in parallel? A glimpse on childhood research. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 7, 146
- Vogel, E., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Letters to Nature*, 438, 500–503.
- Wallace, M.T., Roberson, G.E., Hairston, W.D., Stein, B.E., Vaughan, J.W., & Schirillo, J.A. (2004). Unifying multisensory signals across time and space. *Exp. Brain Res*, 158, 252–258.
- Walker, J., & Scott, K. (1981). Auditory-visual conflicts in the perceived duration of lights, tones, and gaps. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 1327–1339.
- Walker, J. T., Irion, A. L., & Gordon, D. G. (1981). Simple and contingent aftereffects of perceived duration in vision and audition. *Perception & Psychophysics*, 29(5), 475–486.
- Wearden, J. H. (2004). Decision processes in models of timing. *Acta Neurobiol. Exp*, 64, 303–317.
- Wearden, J., Edwards, H., Fakhri, M., & Percival, A. (1998). Why sounds are judged longer than lights: Application of a model of the internal clock in humans. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51B, 97–120.
- Wearden, J., Todd, N., & Jones, L. (2006). When do auditory-visual difference in duration judgment occur. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 1709–1724.
- Wearden, J. (2016). *The psychology of time perception*, Springer.

- Welch, R.B., & Warren, D.H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychol. Bull*, 88(3), 638–667.
- Wilson, F. A. W., O’Scalaidhe, S. P., & Goldman-Rakic, P. S. (1993). Dissociation of object and spatial processing-domains in primate prefrontal cortex. *Science*, 260, 1955–1985.
- Wittmann, M., & Paulus, M. P. (2007). *Decision making , impulsivity and time perception*. (November), 7–12.
- Wittmann, M. (1999). Time perception and temporal processing levels of the brain. *Chronobiol. Int*, 16, 17–32.
- Wixted, J., T., & Rohrer, D. (1994). Analyzing the dynamics of free recall: An integrative review of the empirical literature. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 89–106.
- Woehrle, J. L., & Magliano, J. P. (2012). Time flies faster if a person has a high working-memory capacity. *Acta Psychologica*, 139(2), 314–319.
- Xuan, B., Zhang, D., He, S., & Chen, X. (2007). Larger stimuli are judged to last longer. *J Vis.*, 6;7(10), 1–5.
- Yang, B., Chan, R. C., Zou, X., Jing, J., Mai, J., & Li, J. (2007). Time perception deficit in children with ADHD. *Brain Research*, 1170, 90–96.
- Yau, J. M., Olenczak, J. B., Dammann, J. F., & Bensmaia, S. J. (2009). Temporal frequency channels are linked across audition and touch. *Curr. Biol*, 19, 561–566.



- Yau, J.M., Weber, A.I., & Bensmaia, S.J. (2010). Separate mechanisms for audio-tactile pitch and loudness interactions. *Front. Psychol.* 1, 160.
- Yeshurun, Y., & Marom, G. (2008). Transient spatial attention and the perceived duration of brief visual events. *Visual Cognition*, 16, 826– 848.
- Yonelinas, A.P. (2013). The hippocampus supports high-resolution binding in the service of perception, working memory and long- term memory. *Behav. Brain Res.*, 254, 34–44.
- Zakay, D., Nitzan, D. & Glicksohn, J. (1983). The influence of task difficulty and external tempo on subjective time estimation. *Percept Psychophys*, 34(5), 451–6.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1996). The role of attention in time estimation processes. *Advances in Psychology*, 115, 143–164.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1997). Temporal cognition. *Curr Dir Psychol Sci*, 6(1), 12–16.
- Zakay, D., & Block, R. A. (2004). Prospective and retrospective duration judgments: an executive-control perspective. *Acta Neurobiol. Exp*, 64, 319–328.
- Zélanti, P. S., & Droit-Volet, S. (2011). Cognitive abilities explaining age-related changes in time perception of short and long durations. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(2), 143-57.
- Zélanti, P. S., Droit-Volet, S. (2012). Auditory and visual differences in time perception? An investigation from a developmental perspective with neuropsychological tests. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112(3), 296-311.