



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Γεωπονίας και Αγροτεχνολογίας



Μέθοδος αναγνώρισης των εντόμων με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους

Ονοματεπώνυμο: Γρηγοριάδης Ιωάννης

Αριθμός Μητρώου: 2620176

Επιβλέπων: Γράβαλος Ιωάννης Καθηγητής

ΛΑΡΙΣΑ, Ιούλιο 2025

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή πραγματεύεται την παραγωγή ενός μοντέλου αναγνώρισης εντόμων. Ανέκαθεν τα έντομα αποτελούσαν ένα σοβαρό πρόβλημα στα καλλιεργούμενα φυτά και αφετέρου στον ίδιο τον άνθρωπο αφού με βάση την εξέλιξη των ειδών πολλά έντομα άρχιζαν να τρέφονται με φυτικούς ιστούς πράγμα που σημαίνει μείωση της παραγωγής. Σήμερα τα έντομα καταπολεμούνται με χημικό τρόπο αλλά προκειμένου να γίνει η επέμβαση χρειάζεται να γίνει η αναγνώριση του κάθε είδους. Δυστυχώς όμως η αναγνώριση δεν είναι πάντα επιτυχής από τους ανθρώπους. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της τεχνητής νοημοσύνης αυτό το κομμάτι της επιστήμης έχει επιτευχθεί σε μεγάλο ποσοστό. Σκοπός της πτυχιακής είναι αρχικά η παρουσίαση ορισμένων εντόμων που θεωρούνται επιβλαβή αλλά και ωφέλιμα και στην συνέχεια γίνεται η παρουσίαση ορισμένων μεθόδων που υπάρχουν για την αναγνώριση καθώς και η μέθοδος που υλοποιήθηκε για την ταυτοποίηση των εντόμων.

Αναλυτικά η πτυχιακή χωρίζεται σε 6 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην εντομολογία, την ιστορία των εντόμων, την εξέλιξη τους, και ο λόγος που αποτελούν απειλή για τον άνθρωπο. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση 30 ειδών εντόμων που αποτελούν απειλή για κάποια φυτά και τα προϊόντα τους αλλά και δύο από αυτά είναι ωφέλιμα για την βιολογική καταπολέμηση. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση των διαφόρων μεθόδων που υπάρχουν για την αναγνώριση των εντόμων με διάφορους τρόπους. Επίσης στο ίδιο κεφάλαιο γίνεται και μια ανάλυση της αρχιτεκτονικής ορισμένων μοντέλων βαθιάς μάθησης για το πως ανιχνεύουν τα αντικείμενα των εικόνων. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της μεθόδου αναγνώρισης των εντόμων με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Η υλοποίηση έγινε στην MATLAB. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την μέθοδο αυτή. Τέλος στο έκτο κεφάλαιο, τα συμπεράσματα από όλη την εργασία.

Abstract

This thesis addresses the development of an insect recognition model. Insects have long posed a serious problem for cultivated plants and also for humans: through species evolution many insects began feeding on plant tissues, which leads to reduced yields. Today insects are combated through chemical methods, but before any intervention can be applied each species must be identified. Unfortunately, human identification is not always successful. With the advancement of technology and artificial intelligence, significant progress has been made in this area of science. The aim of this thesis is first to present certain insects considered harmful as well as beneficial, and then to describe some of the existing identification methods and the method was implemented for the identification of the insects.

More specifically, the thesis is divided into six chapters. Chapter 1 provides an introduction to entomology, the history and evolution of insects, and the reasons they constitute a threat to humans. Chapter 2 presents 30 insect species that threaten certain plants and their products; two of these species are beneficial for biological control. Chapter 3 reviews the various methods used for insect identification and includes an analysis of the architectures of several deep learning models and how they detect objects in images. In the fourth Chapter the method for insect recognition based on morphological characteristics is analyzed. The implementation was done in Matlab. The Fifth chapter present the results obtained from this method. Finally, Chapter 6 contains the conclusions drawn from the entire work.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Θεό, που μου έδωσε τη δύναμη και την υπομονή για την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Γράβαλο Ιωάννη, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τη βοήθεια, τη στήριξη και την εμπιστοσύνη του. Ευχαριστώ επίσης τον αδελφό μου Στυλιανό, στον οποίο αφιερώνω την παρούσα εργασία, καθώς και τους γονείς μου, τον πνευματικό μου και όλους τους φίλους μου για την αγάπη και τη στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας και συγγραφής της εργασίας.

Γρηγοριάδης Ιωάννης

Περιεχόμενα	σελ
Περίληψη	2
Abstract	3
1.Εισαγωγή στην Εντομολογία	9
2.Παρουσίαση εντόμων	10
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	10
<i>Aelia rostrata</i>	10
<i>Agriotes spp.</i>	10
<i>Anthonomus pomorum</i>	11
<i>Aphis pomi</i>	11
<i>Bruchus pisorum</i>	11
<i>Calliptamus italicus</i>	12
<i>Callosobruchus maculatus</i>	12
<i>Capnodis tenebrionis</i>	12
<i>Cerambyx welensii</i>	13
<i>Coccinella septempunctata</i>	13
<i>Diabrotica virgifera</i>	13
<i>Earias insulana</i>	14
<i>Eurygaster maura</i>	14
<i>Euzophera pinguis</i>	14
<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	14
<i>Lasioderma serricorne</i>	15
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	15
<i>Nezara viridula</i>	15
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	16
<i>Ostrinia nubilalis</i>	16
<i>Oulema melanopus</i>	16
<i>Phloeotribus scarabaeoides</i>	17
<i>Rhynchites cribripennis</i>	17
<i>Rodolia cardinalis</i>	17
<i>Sinoxylon sexdentatum</i>	17
<i>Sitophilus granarius</i>	18
<i>Stegobium paniceum</i>	18
<i>Stephanitis pyri</i>	18
<i>Zeuzera pyrina</i>	19
3.Διάφοροι Μέθοδοι Ανίχνευσης Εντόμων	20

4.Μέθοδος αναγνώρισης με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των εντόμων	29
5.Αποτελέσματα	30
6.Συμπεράσματα	84
7.Βιβλιογραφία	85

Ευρετήριο εικόνων

σελ

Εικόνα 1: Τα βήματα υλοποίησης του αλγορίθμου αναγνώρισης των εντόμων.	29
Εικόνα 2: <i>Acanthoscelides obtectus</i>	30
Εικόνα 3: <i>Aelia rostrata</i>	31
Εικόνα 4: <i>Agriotes</i> spp.....	32
Εικόνα 5: <i>Anthonomus pomorum</i>	33
Εικόνα 6: <i>Aphis pomi</i>	34
Εικόνα 7: <i>Bruchus pisorum</i>	35
Εικόνα 8: <i>Calliptamus italicus</i>	36
Εικόνα 9: <i>Callosobruchus maculatus</i>	37
Εικόνα 10: <i>Capnodis tenebrionis</i>	38
Εικόνα 11: <i>Cerambyx welensii</i>	39
Εικόνα 12: <i>Coccinella septempunctata</i>	40
Εικόνα 13: <i>Diabrotica virgifera</i>	41
Εικόνα 14: <i>Earias insulana</i>	42
Εικόνα 15: <i>Eurygaster maura</i>	43
Εικόνα 16: <i>Euzophera pinguis</i>	44
Εικόνα 17: <i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	45
Εικόνα 18: <i>Lasioderma serricorne</i>	46
Εικόνα 19: <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	47
Εικόνα 20: <i>Nezara viridula</i>	48
Εικόνα 21: <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	49
Εικόνα 22: <i>Ostrinia nubilalis</i>	50
Εικόνα 23: <i>Oulema melanopus</i>	51
Εικόνα 24: <i>Phloeotribus scarabaeoides</i>	52
Εικόνα 25: <i>Rhynchites cribripennis</i>	53
Εικόνα 26: <i>Rodolia cardinalis</i>	54
Εικόνα 27: <i>Sinoxylon sexdentatum</i>	55
Εικόνα 28: <i>Sitophilus granarius</i>	56
Εικόνα 29: <i>Stegobium paniceum</i>	57
Εικόνα 30: <i>Stephanitis pyri</i>	58
Εικόνα 31: <i>Zeuzera pyrina</i>	59
Εικόνα 32: Μικρή ασυμμετρία ψηφιακής υπογραφής εντόμου <i>Calliptamus italicus</i> λόγω σφάλματος κατά τον ορισμό των γραμμών που συνδέουν το κέντρο βάρους με τα σημεία κλειδιά του περιγράμματος.	60
Εικόνα 33: Μικρή ασυμμετρία ψηφιακής υπογραφής εντόμου <i>Callosobruchus maculatus</i> λόγω ασυμμετρίας μεταξύ των ποδιών της πηγαίας εικόνας.	61
Εικόνα 34: Τα σημεία κλειδιά του περιγράμματος ορίζονται αρχικά από τη μία πλευρά και στη συνέχεια από την άλλη πλευρά με συγκεκριμένη λογική.	62
Εικόνα 35: Ονομασία των σημείων κλειδιών στην ψηφιακή μορφολογική υπογραφή	63
Εικόνα 36: Ονομασία των γραμμών που σχηματίζονται από τα σημεία κλειδιά στην ψηφιακή μορφολογική υπογραφή.....	63
Εικόνα 37: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Leptinotarsa decemlineata</i> και <i>Acanthoscelides obtectus</i>	64
Εικόνα 38: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Phloeotribus scarabaeoides</i> και <i>Acanthoscelides obtectus</i>	65

Εικόνα 39: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> και <i>Agriotes</i> spp.	66
Εικόνα 40: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Lasioderma serricorne</i> και <i>Agriotes</i> spp.	67
Εικόνα 41: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Rhynchites cribripennis</i> και <i>Anthonomus pomorum</i>	68
Εικόνα 42: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Coccinella septempunctata</i> και <i>Aphis pomi</i>	69
Εικόνα 43: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Capnodis tenebrionis</i> και <i>Bruchus pisorum</i>	70
Εικόνα 44: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Cerambyx welensii</i> και <i>Bruchus pisorum</i>	71
Εικόνα 45: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Diabrotica virgifera</i> και <i>Bruchus pisorum</i>	72
Εικόνα 46: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Stegobium paniceum</i> και <i>Bruchus pisorum</i>	73
Εικόνα 47: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Oulema melanopus</i> και <i>Callosobruchus maculatus</i>	74
Εικόνα 48: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Cerambyx welensii</i> και <i>Capnodis tenebrionis</i>	75
Εικόνα 49: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Diabrotica virgifera</i> και <i>Capnodis tenebrionis</i>	76
Εικόνα 50: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Diabrotica virgifera</i> και <i>Cerambyx welensii</i>	77
Εικόνα 51: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Lasioderma serricorne</i> και <i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	79
Εικόνα 52: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Sitophilus granarius</i> και <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	80
Εικόνα 53: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Sinoxylon sexdentatum</i> και <i>Rhynchites cribripennis</i>	81
Εικόνα 54: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Stegobium paniceum</i> και <i>Rhynchites cribripennis</i>	82
Εικόνα 55: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων <i>Stegobium paniceum</i> και <i>Sinoxylon sexdentatum</i>	83

1. Εισαγωγή στην Εντομολογία

Τα έντομα είναι ζωικοί οργανισμοί που προϋπήρχαν στη γη πολλά εκατομμύρια χρόνια. Συγκεκριμένα τα παλαιότερα είδη που είναι γνωστά σήμερα, θεωρείται ότι χρονολογούνται από την Μέση Δεβόνιο Περίοδο του Πρωτογενούς αιώνα. Τα έντομα είναι πολυπληθέστερα. Μάλιστα ξεπερνούν το 75% του συνολικού αριθμού ειδών του ζωικού βασιλείου με πάνω από 1.000.000 γνωστά είδη σήμερα. Αυτή η μακράιωνη εξέλιξη ανάγκασε τους οργανισμούς αυτούς να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα του περιβάλλοντος, αναπτύσσοντας μηχανισμούς για την επιβίωση τους όπως είναι η τροφή αλλά και οι αντίξοες συνθήκες που προκαλούνται από φυσικές μεταβολές ή από επεμβάσεις του ανθρώπου. Τα έντομα έχουν προσαρμοστεί και προσαρμόζονται σε μεγάλη ποικιλία οικοσυστημάτων (βουνά, λίμνες, θάλασσες, ποτάμια, πεδιάδες, κατοικημένες περιοχές) και μπορούν να ζημιώσουν άμεσα ή έμμεσα τον άνθρωπο, να του παρέχουν μικρά ή μεγάλα οφέλη αλλά και να συμβάλλουν στην διατήρηση της ισορροπίας της φύσης. Πολλά είδη εντόμων προσβάλλουν τα καλλιεργούμενα φυτά με αποτέλεσμα να αφαιρέσουν ένα μέρος ή να μηδενίσουν την γεωργική παραγωγή και άλλα να προσβάλλουν ανθρώπους και ζώα μεταδίδοντας έτσι ασθένειες. Υπάρχουν και είδη ωφέλιμων εντόμων τα οποία συμβάλλουν στην διατήρηση της ισορροπίας εις βάρος των εντόμων εχθρών αλλά και κάποια επιπλέον είδη τα οποία είναι χρήσιμα για τον άνθρωπο. Κάποια από αυτά τα ωφέλιμα έντομα είναι τα παραγωγικά όπου με τον όρο «Παραγωγικά έντομα» αναφέρονται αυτά τα οποία παράγουν προϊόντα για ανθρώπινη χρήση. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μέλισσα (*Aphis mellifera*) που παράγει το μέλι το οποίο είναι ένα είδος τροφής για τον άνθρωπο. Τα έντομα επικονιαστές είναι και αυτά ωφέλιμα μιας και μεταφέρουν την γύρη στα διάφορα άνθη ώστε να γίνει η επικονίαση. Ακόμη τα εντομοφάγα έντομα είναι αυτά τα οποία τρέφονται με έντομα εχθρούς. Με τον όρο «Έντομα εχθροί» αναφέρονται τα έντομα τα οποία προσβάλλουν ανθρώπους, ζώα ή φυτά. Η εργασία αυτή ασχολείται συγκεκριμένα με τους εχθρούς που προσβάλλουν φυτά. Όταν ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί και να εκτρέφει ζώα πιο εντατικά τότε και τα έντομα προσαρμόστηκαν στα νέα δεδομένα με αποτέλεσμα να αυξήθηκε η δυσμενής επίδραση τους. Τα φυτοφάγα έντομα τρέφονται επί του φυτού και προκαλούν ζημιές που είναι ανάλογα με την διατροφή τους. Συγκεκριμένα υπάρχουν αυτά που τρέφονται με μέρη του φυτού (φύλλα, βλαστοί και ρίζες) αλλά και αυτά που μυζούν τους φυτικούς χυμούς. Τα έντομα τα οποία μυζούν είναι και αυτά που μεταφέρουν παθογόνους μικροοργανισμούς. Ακόμη υπάρχουν και έντομα που προσβάλλουν και αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα. Σύμφωνα με τον F.A.O. οι απώλειες στα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα ανέρχονται στο 15% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής (Ηλιόπουλος, 2020).

2. Παρουσίαση εντόμων

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα έντομα που είναι σημαντικοί εχθροί φυτών και γεωργικών προϊόντων αλλά ακόμα και φυσικοί εχθροί εντόμων.

Acanthoscelides obtectus

Το έντομο *Acanthoscelides obtectus* (κν. βρούχος των φασολιών) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Bruchidae*. Έχει μικρό μήκος και σχήμα ωοειδές. Τα θηλυκά είναι λίγο μεγαλύτερα σε μήκος από τα αρσενικά. Έχουν καστανόμαυρο χρώμα και καλύπτεται με ένα λεπτό φαιό χνούδι. Τα έλυτρα δεν καλύπτουν το τελευταίο κοιλιακό τμήμα. Οι κεραίες είναι πριονωτές και τέλος ο προθώρακας κωνικός. Το συγκεκριμένο έντομο προσβάλλει κυρίως αποθηκευμένα προϊόντα και κυρίως φασόλια όλων των ποικιλιών, σόγια και βίκο. Οι προνύμφες κάνουν την κύρια ζημιά ενώ τα ενήλικα τοποθετούν τα αυγά επάνω στον καρπό έτσι ώστε μόλις εκκολαφθούν, οι προνύμφες εισχωρούν στον καρπό δημιουργώντας στοές καταστρέφοντας τον καρπό. Έτσι προκαλείται και ποσοτική και ποιοτική ζημιά. Τα ενήλικα δεν έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και συνήθως δεν τρέφονται. Παρ' όλα αυτά είναι αρκετά δραστήρια. Προτιμούν κυρίως τροπικές και ζεστές περιοχές (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Aelia rostrata

Το έντομο *Aelia rostrata* (κν. βρωμούσα των σιτηρών) ανήκει στην τάξη *Hemiptera* και στην οικογένεια *Pentatomidae*. Έχει ατρακτοειδές σχήμα και το χρώμα του είναι από ανοιχτό καστανό έως καστανέρυθρο. Το έντομο αυτό διαχειμάζει όταν είναι ενήλικο στις πιο κοντινές ορεινές περιοχές κάτω από ξερά φύλλα ή σε φύλλα προχωρημένης σήψης. Την άνοιξη και συγκεκριμένα στις αρχές κατεβαίνουν από τις ορεινές περιοχές στα σιτάρια. Εκεί από τα μέσα Απριλίου έως τον Μάιο ωοτοκεί και όταν εκκολάπτονται τα αυγά, οι νεαρές προνύμφες νύσσουν τα νεαρά στελέχη και φύλλα. Οι ζημιές εμφανίζονται με την μορφή νυγμάτων στο μέσο περίπου της φαλλικής επιφάνειας, όπου στην συνέχεια ξηραίνεται το σημείο εκείνο και επεκτείνεται και στο άνω μισό του φύλλου και αργότερα κόβεται. Στους νεαρούς στάχεις στο άνω άκρο παρατηρείται λευκά άγανα σε μορφή «τούφας» όπως επίσης και ανάσχεση της ανάπτυξης τους. Οι αναπτυγμένες προνύμφες μυζούν τους νεαρούς κόκκους με αποτέλεσμα να γίνονται αδύνατοι και λειψοί. Ακόμη εάν γίνει η προσβολή λίγο πριν την ωρίμανση, δημιουργείται γύρω από το νύγμα μια αποχρωματισμένη κηλίδα. Τέλος όταν το έντομο μυζάει τον καρπό εκχέει πρωτεολυτικά ένζυμα τα οποία διασπούν τις πρωτεΐνες και έτσι το αλεύρι δεν είναι τόσο ποιοτικό (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Agriotes spp.

Το έντομο *Agriotes spp.* (κν. σιδηροσκούληκα ή συρματοσκούληκα) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Elateridae*. Έχει επίμηκες σώμα με σκούρο καστανό έως μαύρο

χρώμα. Το συγκεκριμένο έντομο είναι πολυφάγο είδος. Αναλυτικά προσβάλλει σιτηρά, καπνό, καλαμπόκι, βαμβάκι, μηδική, ηλίανθο, ζαχαρότευτλα, πατάτα, τομάτα, φράουλες κ.α. Το θηλυκό ωοτοκεί σε μέρη που υπάρχει υγρασία. Όταν εκκολαφθούν τα αυγά, οι νεαρές προνύμφες προσβάλλουν κατά κύριο λόγο το ριζικό σύστημα αλλά και τα μέρη του φυτού που βρίσκονται κοντά στο λαιμό. Έτσι δημιουργούνται οπές. Επίσης σε κάποιες περιπτώσεις εισχωρούν και στο στέλεχος του φυτού. Οι προνύμφες αυτών των ζώων δεν αντέχουν σε μέρη χωρίς υγρασία και επίσης το ότι κρύβονται σε μεγάλο βάθος στο έδαφος σε συνδυασμό με τον μεγάλο βιολογικό κύκλο (1 γενιά/3-4 έτη) τα καθιστά δύσκολα στην εξόντωση τους (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Anthonomus pomorum

Το έντομο *Anthonomus pomorum* (κν. ανθονόμος της μηλιάς) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Curculionidae*. Έχει σκούρο καστανό έως μαύρο χρώμα. Το μήκος του μαζί με το ρύγχος φτάνει στα 5mm. Το ζώο αυτό προσβάλλει μηλιές, αχλαδιές και γκορτσιές. Η διαχείμαση του γίνεται σε θέσεις του δέντρου που να μην είναι ασφαλείς ως ενήλικο έντομο. Κατά την περίοδο της άνοιξης με το ρύγχος του ανοίγει μια οπή στο κλειστό άνθος και τοποθετεί ένα αυγό στο εσωτερικό του. Στην συνέχεια η προνύμφη μόλις εκκολαφθεί αρχίζει να τρέφεται με τους στήμονες και τον ύπερο του άνθους. Μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης και το πέρας των 3 εβδομάδων, η προνύμφη νυμφώνεται στο κατεστραμμένο άνθος. Στην συνέχεια το ενήλικο πλέον έντομο που εμφανίζεται 2 εβδομάδες αργότερα τρέφεται με το φύλλωμα του δέντρου για λίγες ημέρες και εισέρχεται σε διάπαυση μέχρι την επόμενη άνοιξη. Η ζημιά που προκαλεί είναι μείωση της παραγωγής όταν ο πληθυσμός του εντόμου είναι πυκνός (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Aphis pomi

Το έντομο *Aphis pomi* (κν. πράσινη αφίδα μηλιάς) ανήκει στην τάξη *Homoptera* και στην οικογένεια *Aphididae*. Τα ενήλικα άτομα έχουν πρασινοκίτρινο χρώμα και μήκος 1.5 – 2 mm. Τα θηλυκά άτομα είναι και παρθενογενετικά αλλά και ζωοτόκα. Πράγμα που σημαίνει ότι έχει πολλές γενεές το χρόνο. Επίσης υπάρχουν και άπτερα και πτερωτά άτομα. Τα φυτά που προσβάλλει είναι οι μηλιές, οι αχλαδιές, οι κυδωνιές και ορισμένα άλλα καρποφόρα δέντρα και καλλωπιστικά της οικογένειας *Rosaceae*. Το έντομο αυτό επειδή τρέφεται με τους χυμούς του φυτού προκαλεί συστρόφη των φύλλων και παραμόρφωση των καρπών. Συνήθως προσβάλλει την νεαρή σε ηλικία βλάστηση και κατά κύριο λόγο τα βλέπουμε στο κάτω μέρος του φυλλώματος (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Bruchus pisorum

Το έντομο *Bruchus pisorum* (κν. βρούχος των μπιζελιών) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Bruchidae*. Έχουν μικρό μέγεθος τα ενήλικα άτομα. Τα θηλυκά είναι ελαφρώς πιο

μεγάλα από τα αρσενικά και ο χρωματισμός τους είναι γενικά γκριζος με σκοτεινόχρωμες κηλίδες. Προκαλεί στοές στους σπόρους μειώνοντας έτσι την ποιότητα και την ποσότητα της παραγωγής. Το έντομο αυτό προσβάλλει τα μπιζέλια (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Calliptamus italicus

Το έντομο *Calliptamus italicus* ανήκει στην τάξη *Orthoptera* και στην οικογένεια *Acrididae* (EPPO). Τα ενήλικα αρσενικά έχουν μήκος 14,5-28,7mm και τα θηλυκά έχουν μήκος 21,9-41,6mm. Τα έλυτρα τους έχουν μήκος 10,4-22,2mm στα αρσενικά και 14,2-32mm στα θηλυκά. Έχει χρώμα καφέ-κόκκινο και γκρι-καφέ. Το έντομο μπαίνει σε διάπαυση ως αυγό κατά την διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Το *Calliptamus italicus* είναι πολυφάγο είδος όπου στα πρώτα στάδια της προνύμφης τρέφεται με τα εξής: *Artemisia austriaca*, *Achillea setacea*, *Achillea nobilis*, *Salvia aethiops*, *Salvia nemorosa*, *Carduus spp.*, *Onopordon acanthium*, *Convolvulus arvensis*, *Datura stramonium*, *Sisymbrium sophia* και *Verbascum spp.* Όταν ενηλικιωθούν η τροφή τους επεκτείνεται και σε άλλα είδη όπως πατάτες, καπνούς, λάχανα, σιτάρια, βρώμης κ.α. (FAO).

Callosobruchus maculatus

Το έντομο *Callosobruchus maculatus* το οποίο ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και την οικογένεια *Bruchidae* (EPPO). Αφού γονιμοποιηθεί το θηλυκό τοποθετεί τα αυγά πάνω στους σπόρους. Η προνύμφη μόλις εκκολαφτεί αρχίζει να τρέφεται με το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο του σπόρου που είναι η κύρια ζημιά που προκαλούν στους σπόρους των ψυχανθών. Τα ενήλικα δεν κάνουν ζημιά (Beck and Blumer, 2014).

Capnodis tenebrionis

Το έντομο *Capnodis tenebrionis* (κν. καπνώδης των πυρηνοκάρπων ή μυλωνάς) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Buprestidae*. Το ενήλικο άτομο έχει μήκος 15 – 30 mm και πλάτος 7 – 12 mm. Έχει χρώμα θαμπό μαύρο. Έχει πρόνωτο λευκού χρώματος με μαύρες κηλίδες και είναι λίγο πλατύτερο από το υπόλοιπο σώμα του. Διαχειμάζει ως προνύμφη διαφόρων ηλικιών ή ως ενήλικο σε διάφορα καταφύγια. Όταν η διαχείμαση γίνεται ως ενήλικο τότε δραστηριοποιείται την άνοιξη τρεφόμενο για εβδομάδες από το φύλλωμα των φυτών ξενιστών και ωριμάζει αναπαραγωγικά τον Μάιο. Στο έδαφος κοντά στον λαιμό του δέντρου εναποθέτει τα αυγά (όπου η ωοτοκία γίνεται το καλοκαίρι). Επίσης τα τοποθετεί και σε ρωγμές του φλοιού στη βάση του κορμού. Οι προνύμφες χαράζουν στοές κυρίως στο λαιμό όπου προχωρούν προς τα πάνω αλλά και προς τα κάτω έως την κεντρική ρίζα. Αυτές οι στοές προκαλούν θάνατο των νεαρών δέντρων όπως επίσης και των δέντρων που δεν αρδεύονται επαρκώς. Τα ενήλικα άτομα βρίσκονται σε μέρη του δέντρου που τα χτυπάει ο ήλιος και έχουν αραιό φύλλωμα προκαλώντας διάβρωση των οφθαλμών και του

φλοιού των βλαστών. Τα έντομα αυτά προσβάλλουν πυρηνόκαρπα, γιγαρτόκαρπα και ροδιές (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Cerambyx welensii

Το έντομο *Cerambyx welensii* ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Cerambycidae* (EPPO). Τα θηλυκά ωτοκοούν σε σχισμές του φλοιού των δέντρων μετά την γονιμοποίηση. Αφού εκκολαφθεί το αυγό η προνύμφη που θα εξαχθεί αρχίζει να περνάει από το sapwood προς το heartwood σχηματίζοντας σύριγγες. Διαχειμάζει τέλος καλοκαιριού με αρχές φθινοπώρου. Το ενήλικο άτομο παραμένει μέσα στο εσωτερικό του ξύλου μέχρι την άνοιξη. Επίσης τα ενήλικα τρέφονται από χυμούς που βγαίνουν από ρωγμές του δέντρου. Αν και αυτό το έντομο δεν είναι απειλή για καλλιεργούμενα φυτά είναι όμως απειλή για δασικά είδη όπως τα *Quercus pyrenaica*, *Quercus ilex* και *Quercus suber* (Torres-Vila et al., 2023).

Coccinella septempunctata

Το έντομο *Coccinella septempunctata* ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Coccinellidae* (EPPO). Το έντομο αυτό θεωρείται ως έντομο αρπακτικό και χρησιμοποιείται ευρέως για την βιολογική καταπολέμηση διάφορων επιβλαβών εντόμων στα καλλιεργούμενα φυτά όπως αφίδες, θρίπες, αλευρώδεις, ακάρεα κι άλλα (Abbas et al., 2023).

Diabrotica virgifera

Το έντομο *Diabrotica virgifera* ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Chrysomelidae*. Το ενήλικο άτομο έχει μήκος 0,4 – 0,6 cm. Έχει κίτρινο χρώμα με μαύρη κεφαλή και πόδια. Τα αρσενικά στα έλυτρα της έχουν μαύρο χρώμα στο μεγαλύτερο μέρος της ενώ τα θηλυκά έχουν τρεις μαύρες εγκάρσιες παράλληλες γραμμές. Οι κύριοι ξενιστές του είναι το καλαμπόκι και κάποια αγρωστώδη. Στο στάδιο του αυγού το έντομο διαχειμάζει στο έδαφος. Από τον Απρίλιο έως τον Μάιο της επόμενης άνοιξης τα αυγά εκκολάπτονται και έτσι οι προνύμφες οδηγούνται της ρίζες του καλαμποκιού και αρχίζουν να τρέφονται με αυτές. Οι νεαρές προνύμφες αρχίζουν να τρέφονται με της κορυφές των ριζών, αντίθετα οι ανεπτυγμένες χαράζουν στοές στο εσωτερικό των ριζών ή ακόμη και στο στέλεχος του φυτού και συγκεκριμένα στην περιοχή του λαιμού. Το αποτέλεσμα από αυτό είναι το στέλεχος να παραμορφωθεί και συνήθως τα φυτά πλαγιάζουν. Της, δεν είναι δυνατή η πρόσληψη του νερού και των θρεπτικών ουσιών. Στο σημείο προσβολής μπορούν να αναπτυχθούν δευτερογενές προσβολές από παθογόνους μικροοργανισμούς. Σε περίπτωση έντονης προσβολής μπορεί να έχουμε και μείωση μέχρι και 15% της παραγωγής. Τα ενήλικα άτομα εμφανίζονται περίπου από τα τέλη Ιουνίου και μετά μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου. Αυτά τρέφονται αρχικά με το τρυφερό φύλλωμα και αργότερα με την φούντα του σπάδικα αλλά και τον ίδιο τον σπάδικα. Ακόμη μπορούν να τραφούν και με την αρσενική ταξιανθία καταναλώνοντας γύρη. Τρέφοντας με την

φούντα του σπάδικα έχει ως αποτέλεσμα να μην γίνεται κανονικό δέσιμο των σπόρων (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Earias insulana

Το έντομο *Earias insulana* ανήκει στην τάξη *Lepidoptera* και στην οικογένεια *Noctuidae*. Το έντομο τοποθετεί τα αυγά ξεχωριστά στην επιφάνεια του φυτού κυρίως στα μπουμπούκια των ανθών και φύλλων, στους νεαρούς βλαστούς και στους μίσχους. Οι προνύμφες μόλις εκκολαφθούν μετά από 2-10 μέρες διαπερνάνε και εισχωρεί στα μπουμπούκια φύλλων και ανθών ή και καρπών. Η κύριοι ξενιστές είναι τα εξής: *Gossypium hirsutum*, *Hibiscus spp.*, *Abelmoschus esculentus*, *Sida spp.*, *Oryza sativa* και *Zea mays* (EPPO, 2002).

Eurygaster maura

Το έντομο *Eurygaster maura* ανήκει στην τάξη *Hemiptera* και στην οικογένεια *Scutelleridae* (EPPO). Βρίσκεται κατά κύριο λόγο στα σιτάρια, προκαλώντας ζημιές στο στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης του στο ξεκίνημα της σεζόν. Στο τέλος του σταδίου ανάπτυξης τρέφεται με σπόρους σιταριού, όπου οι κατεστραμμένοι σπόροι χάνουν τις ιδιότητες αρτοποιίας τους. Επιπλέον, εγχέει σάλιο στους σπόρους, δημιουργώντας βλάβη και στην ποιότητα των σπόρων καθώς και προβλήματα υγείας στον καταναλωτή (Mehrabad and Bandani, 2009).

Euzophera pinguis

Το έντομο *Euzophera pinguis* ανήκει στην τάξη *Lepidoptera* και στην οικογένεια *Pyrailidae* (EPPO). Το έντομο αυτό έχει δύο γενιές τον χρόνο. Αφού εκκολαφθούν τα αυγά και βγουν οι προνύμφες αρχίζουν να τρέφονται με το εσωτερικό του ξύλου δημιουργώντας στοές που προκαλούν σοβαρές ζημιές στα δέντρα ακόμη και την θανάτωση τους. Ο κύριος ξενιστής του εντόμου αυτού είναι η ελιά όπως επίσης και οι αμυγδαλιές και φραξούς (Boyes et al., 2023).

Gryllotalpa gryllotalpa

Το έντομο *Gryllotalpa gryllotalpa* (κν. κρεμμουδοφάγος) ανήκει στην τάξη *Orthoptera* και στην οικογένεια *Gryllotalpidae*. Είναι πολυφάγο έντομο. Συγκεκριμένα προσβάλλει τα σιτηρά, τον καπνό, το καλαμπόκι, τον ηλιάνθο, τα ζαχαρότευτλα, την τομάτα, την πιπεριά, τα κρεμμύδια, τα πράσσα, τις πατάτες, τις φράουλες κ.α. Τα ενήλικα άτομα έχουν μήκος 40 – 45 mm και έχει σκούρο καστανό χρώμα. Το μπροστινό ζεύγος ποδιών είναι ορυκτού τύπου. Το μήκος των πρόσθιων πτερύγων είναι περίπου ίσο με το μισό της κοιλίας του και είναι τύπου ψευδέλυτρο ενώ οι οπίσθιες είναι μεμβρανώδεις. Η διαχείμαση του γίνεται είτε ως ανεπτυγμένη προνύμφη είτε ως ενήλικο. Η ωοτοκία γίνεται σε στοές στο έδαφος. Η εμφάνιση των νεαρών προνυμφών γίνεται στα τέλη της άνοιξης με αρχές του καλοκαιριού. Προσβάλλει το υπόγειο τμήμα των φυτών αλλά και τα νεαρά φυτά στο ύψος

του λαιμού. Κατά τις νυχτερινές ώρες βγαίνει από τις στοές και αρχίζει να τρέφεται (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Lasioderma serricorne

Το έντομο *Lasioderma serricorne* (κν. σκαθάρι (ψείρα) του καπνού ή των τσιγάρων) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Anobiidae*. Το ενήλικο άτομο είναι μικρού μήκους 2 – 3 mm. Έχει λεία και ερυθροκάστανο χρώμα έλυτρα. Σε πλάγια όψη παρατηρείται στο πρόσθιο τμήμα του σώματός του είναι κυρτό και μοιάζει να δημιουργεί σχεδόν ορθή γωνία με το υπόλοιπο τμήμα. Τα ενήλικα ζουν 2 – 6 εβδομάδες και δεν τρέφονται μόνο οι προνύμφες μπορούν. Τα θηλυκά αποθέτουν 45 – 120 αυγά μέσα σε διάστημα 10 ημερών από την ενηλικίωση τους. Οι ξενιστές του εντόμου αυτού είναι κατά κύριο λόγο με αποθηκευμένο ξηρό καπνό αλλά και προϊόντα τους όπως τσιγάρα, πούρα κ.α. αλλά και επίσης σπόρους, ξηρά φρούτα, μπαχαρικά κ.ά. (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Leptinotarsa decemlineata

Το έντομο *Leptinotarsa decemlineata* (κν. δορυφόρος της πατάτας) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Chrysomelidae*. Το ενήλικο άτομο έχει ωοειδές σχήμα και μήκος 10 – 12 mm. Στα έλυτρα του έχει πέντε μαύρες γραμμές και γενικά το χρώμα των ελύτρων του είναι κίτρινο χρώμα και τα πόδια του και η κεφαλή του είναι πορτοκαλί χρώμα όπως επίσης και ο θώρακας του είναι το ίδιο με την μόνη διαφορά ότι φέρνει μαύρα στρογγυλά ή επιμήκη στίγματα τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα στην επιφάνεια του. Οι ξενιστές του εντόμου αυτού είναι τα αυτοφυή και τα καλλιεργούμενα φυτά της οικογένειας *Solanaceae*. Κατά κύριο λόγο προσβάλλει πατάτες αλλά και μελιτζάνες και σπάνια τομάτες. Διαχειμάζει ως ενήλικο σε εδάφη που είχε καλλιεργηθεί πατάτα ή σε γειτονικές περιοχές σε βάθος 20 – 30cm. Από τα μέσα Απριλίου έως μέσα Μαΐου, εμφανίζονται τα ενήλικα της διαχειμάζουσας γενεάς, τα οποία εγκαθίστανται στους ξενιστές, όπου τρέφονται. Στην συνέχεια ζευγαρώνουν και με το πέρας των 1 – 2 ημερών τα θηλυκά τοποθετούν τα αυγά τους στο κάτω μέρος του φύλλου. Όταν εκκολαφθούν τα αυγά οι προνύμφες 1^{ης} ηλικίας αρχίζουν να τρέφονται χωρίς σταματημό εκτός αν αλλάζουν ηλικία. Οι προνύμφες αλλά και τα ενήλικα έντομα τρέφονται με το φύλλωμα των φυτών και έτσι προκαλείται έντονη αποφύλλωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εκμηδενιστεί ολόκληρη η παραγωγή. Στην αρχή φαίνεται να γίνονται περιφερειακά φαγώματα αλλά στην συνέχεια απομένει μόνο οι κύριες νευρώσεις των φυτών και οι σκληροί βλαστοί (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Nezara viridula

Το έντομο *Nezara viridula* ανήκει στην τάξη *Hemiptera* και την οικογένεια *Pentatomidae* (ΕΡΡΟ). Το έντομο αυτό έχει τρία στάδια ανάπτυξης (ωό, νύμφη τριών σταδίων, ενήλικο άτομο) όπου

όλα τα στάδια προσβάλουν τα φυτά. Τρέφεται αποκλειστικά από φυτικούς ιστούς με έμφαση στους νεαρούς καρπούς, σπόρους, άνθη, φύλλωμα, μίσχους, βλαστούς, οφθαλμούς προκαλώντας σοβαρές ζημιές. Επίσης το έντομο αυτό είναι ένα πολυφάγο είδος που προσβάλλει φρούτα, ξηρούς καρπούς, σιτηρά, λαχανικά ακόμα και σόγια. Συγκεκριμένα προσβάλλει τα είδη των οικογενειών *Fabaceae*, *Poaceae*, *Cucurbitaceae*, *Solanaceae*, *Rosaceae*, *Moraceae*, *Vitaceae*, *Oleaceae* (Marcu and Grozea, 2019; Jones, 1988).

Oryzaephilus surinamensis

Το έντομο *Oryzaephilus surinamensis* (κν. ψείρα του σιταριού) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Silvanidae*. Το ενήλικο άτομο έχει λεπτό σώμα με μήκος 2 – 3 mm, πεπλατυσμένο νωτοκοιλιακά, έχει καστανό χρώμα σώματος. Ο θώρακας συγκεκριμένα έχει έξι οδοντοειδείς προεξοχές σε κάθε πλευρά του. Προσβάλλει συχνά σπασμένους και προσβεβλημένους σπόρους δημητριακών, τα προϊόντα όπως και άλλα αποθηκευμένα προϊόντα, φυτικής προελεύσεως. Απαντάται κυρίως στο σιτάρι, το κριθάρι και το ρύζι (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Ostrinia nubilalis

Το έντομο *Ostrinia nubilalis* (κν. πυραλίδα του καλαμποκιού) ανήκει στην τάξη *Lepidoptera* και στην οικογένεια *Crambidae*. Το ενήλικο άτομο έχει μήκος 12 – 15 mm και άνοιγμα πτερύγων 20 - 33 mm. Το αρσενικό μπορούμε να το ξεχωρίσουμε από το θηλυκό από το χρώμα των εμπρόσθιων πτερύγων. Το αρσενικό έχει καστανό κανελί χρώμα ενώ το θηλυκό έχει ανοιχτοκάστανο, κιτρινοκάστανο μέχρι και ωχροκίτρινο. Όπως μια άλλη διαφορά είναι ότι το αρσενικό έχει πιο λεπτό σώμα και μικρό και όταν οι πτέρυγες του είναι διπλωμένες ή άκρη όπως κοιλίας του προεξέχει. Προσβάλλει πολλά είδη (πάνω από 200 είδη) όπως καλαμπόκι, σόργο, καννάβι και λίγο πατάτα, τομάτα, πιπεριά, καπνό, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα κ.α. (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Oulema melanopus

Το έντομο *Oulema melanopus* ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Chrysomelidae* (EPPO). Το σκαθάρι έχει μια γενιά ετησίως. Αφού ζευγαρώσουν αρχίζουν την ωοτοκία και τα τοποθετούν στην πάνω επιφάνεια των φύλλων. Το έντομο εμφανίζεται από τα μέσα Μαρτίου έως το Ιούλιο με κορύφωση της ωοτοκίας στα τέλη Μαρτίου–αρχές Απριλίου. Οι προνύμφες ξεκινάνε να είναι ενεργές από τον Μάιο έως τον Ιούλιο και δεν μετακινούνται από το ένα φυτό στο άλλο. Η νύμφωση γίνεται κάτω από το έδαφος κατά την περίοδο του Ιουλίου και μετά τις τρεις εβδομάδες εμφανίζονται τα ενήλικα άτομα. Οι προνύμφες προσβάλλουν την πάνω επιφάνεια των φύλλων ανάμεσα στους νευρώνες και το ενήλικο κάνει ομοιόμορφες επιμήκεις εγκοπές στα φύλλα των ξενιστών. Οι ξενιστές είναι το σιτάρι, βρώμη, κριθάρι, σίκαλη, καλαμπόκι, σόργο κ.ά. (Kher et al., 2011).

Phloeotribus scarabaeoides

Το έντομο *Phloeotribus scarabaeoides* (κν. φλοιοτρίβης της ελιάς) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Scolytidae*. Το ενήλικο άτομο έχει μήκος 2 – 2,5 mm και έχει σκοτεινό καστανό έως μαύρο χρώμα και έχει τεφρό χνούδι σε όλο του το σώμα. Οι ξενιστές του είναι η ελιά αλλά και τα είδη *Phillyrea spp.*, *Syringa vulgaris*, *Ligustrum spp.*, *Fraxinus spp.* Τις αναπαραγωγικές στοές και στα βοθρία διατροφής διαχειμάζει ως ενήλικο άτομο αλλά μπορεί και ως προνύμφη ή αυγό τους στοές. Τα ενήλικα αρχίζουν να τρέφονται και γενικά να δραστηριοποιούνται τον Φεβρουάριο. Τις μασχάλες των κλαδίσκων 1 – 2 ετών ορύσσουν βοθρία διατροφής με αποτέλεσμα την ξήρανση τους. Τα θηλυκά για να ωοτοκήσουν δημιουργούν σε καχεκτικά ή μισόξερα κλαδιά στοές που τις δημιουργεί το θηλυκό μαζί με το αρσενικό όπου απομακρύνει τα ρινίσματα του ξύλου. Από τις στοές οι κλαδίσκοι – τα κλαδιά των ελαιόδεντρων εξασθενούν ή ξηραίνονται με αποτέλεσμα την ζημιά του δέντρου (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Rhynchites cribripennis

Το έντομο *Rhynchites cribripennis* (κν. ρυγχίτης τους ελιάς) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Attelabidae*. Το ενήλικο έντομο έχει μήκος 5,5 – 6 mm και ερυθροκάστανο χρώμα με την διαφορά ότι η κοιλία του και οι γνάθοι είναι μαύροι. Επιπλέον το σώμα του είναι καλυμμένο με χνούδι. Έχει ξενιστές την ελιά και την αγριελιά. Έχει μια γενιά ανά 2 έτη. Διαχειμάζει στο έδαφος ως ανεπτυγμένη προνύμφη τον πρώτο χειμώνα και ως ενήλικο τον δεύτερο. Τον Απρίλιο και τον Μάιο τα ενήλικα άτομα αφού διαχειμάσαν, εξέρχονται από το έδαφος και κατευθύνονται στο φύλλωμα του δέντρου, πετώντας. Η διατροφή τους είναι τα τρυφερά φύλλα, κορυφές νέων βλαστών και νεαρούς καρπούς. Δημιουργούν στοές στον καρπό προκαλώντας έτσι πρόωρη καρπόπτωση. Τα θηλυκά εναποθέτουν τα αυγά τους στο μεσοκάρπιο όπου όταν εκκολαφθούν, οι νεαρές προνύμφες ορύσσουν στοά στο ενδοκάρπιο φτάνοντας στο σπέρμα το οποίο το καταναλώνουν. Η ζημιά που είναι πιο σοβαρή είναι η πρόωρη καρπόπτωση λόγω των οπών βρώσης, αλλά και από την ωοτοκία (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Rodolia cardinalis

Το έντομο *Rodolia cardinalis* ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Coccinellidae* (EPPO). Το έντομο αυτό χρησιμοποιείται για την βιολογική καταπολέμηση. Έχει ως ξενιστές τα είδη των οικογενειών *Dactylopiidae*, *Diaspididae*, *Monophlebidae* και *Pseudococcidae* (Camilo, 2015).

Sinoxylon sexdentatum

Το έντομο *Sinoxylon sexdentatum* ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Bostrichidae* (EPPO). Το έντομο αυτό προσβάλλει τα εξής είδη *Malus pumila*, *Prunus persica*, *Pyrus communis* (*Rosaceae*), *Ulmus pumila* (*Ulmaceae*) και *Zelkova carpinifolia* (*Ulmaceae*). Όπως επίσης

έχει καταγραφεί ότι προσβάλλει και τις οικογένειες *Anacardiaceae*, *Araliaceae*, *Fabaceae*, *Fagaceae*, *Juglandaceae*, *Moraceae*, *Oleaceae*, *Poaceae*, *Ranunculaceae*, *Rhamnaceae*, *Rosaceae*, *Ulmaceae*, *Vitaceae*. Έχει καταγραφεί ότι το έντομο προκαλεί ζημιές σε στελέχη και κλαδιά διαφόρων οπωροφόρων δέντρων και αμπέλων. Το έντομο μοιάζει στην βιολογία με το *Sinoxylon perforans* (Liu et al., 2016). Δηλαδή ολοκληρώνει τον κύκλο ζωής του σε ένα χρόνο, χρειάζεται δύο μήνες από την εκκόλαψη των αυγών σε προνύμφη (Απρίλιος και Μάϊος), η προνυμφική περίοδος διαρκεί τρεις περίπου μήνες (από το τέλος Μαΐου έως τις αρχές Αυγούστου), οι νύμφες βρέθηκαν από τα τέλη Ιουνίου έως τα μέσα Αυγούστου και τα ενήλικα άτομα εμφανίζονται από τον Ιούλιο. Το έντομο διαχειμάζει ως ενήλικο και εμφανίζεται μέχρι τα μέσα του επόμενου Ιουνίου (Liu et al., 2008).

Sitophilus granarius

Το έντομο *Sitophilus granarius* (κν. καλάντρα του σιταριού, σιταρόψειρα) ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Curculionidae*. Το ενήλικο άτομο έχει μήκος 3 – 5 mm και το χρώμα του ποικίλλει από σκούρο καστανό έως μαύρο. Το μέρος του προθώρακα φέρει αυλακώσεις – βοθρία ενώ τα έλυτρά (επιμήκη ή ατρακτοειδή) του φέρουν μεσοδιαστήματα πιο πλατιά από τα βοθρία τους και δεν έχει οπίσθιο ζεύγος πτερύγων. Το έντομο αυτό τόσο η προνύμφη όσο και το ενήλικο προκαλούν ζημιά. Προσβάλλει μπιζέλια, φασόλια, λούπινα, αραχίδα και αμύγδαλα όπου σε αυτά δεν μπορεί να επιβιώσει. Παρόλα αυτά φαίνεται πιο συχνά να εμφανίζεται σε σπόρους σιτηρών, όπως το σιτάρι, την σίκαλη, το σόργο, το κριθάρι, το καλαμπόκι. Ακόμη παρατηρήθηκε ότι το έντομο αυτό τρέφεται με αλεύρι, πίτουρα ή πλιγούρι αλλά καθίσταται αδύνατον να αναπαραχθεί σε αυτά. Στα προϊόντα που προσβάλλει στα σημεία προσβολής του αναπτύσσονται μύκητες και έτσι σχηματίζονται συμπαγή συσσωματώματα με αποτέλεσμα την ποσοτική και την ποιοτική υποβάθμιση του (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Stegobium paniceum

Το έντομο *Stegobium paniceum* ανήκει στην τάξη *Coleoptera* και στην οικογένεια *Anobiidae*. Μοιάζει με το *Leptinotarsa decemlineata* με τη διαφορά ότι είναι ελαφρώς πιο πλατύ, έχει ραβδωτά έλυτρα και δεν σχηματίζεται ορθή γωνία ανάμεσα στην κεφαλή και το υπόλοιπο του σώμα. Το ενήλικο άτομο δεν τρέφεται αλλά οι προνύμφες που προσβάλλουν μεγάλη ποικιλία υλικών, ως ένα κοσμοπολίτικο και παμφάγο είδος, όπως τα αλεύρια και ξηρά φυτικά προϊόντα, σπόρους και προϊόντα τους, ελαιούχους πλακούντες, μπαχαρικά, καπνό, αρτοσκευάσματα και ζυμαρικά (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Stephanitis pyri

Το έντομο *Stephanitis pyri* (κν. τίγρης της μηλιάς και της αχλαδιάς) ανήκει στην τάξη *Hemiptera* και στην οικογένεια *Tingidae*. Το ενήλικο άτομο έχει σχετικά πλατύ σώμα με διαστάσεις 3-

4 x 2 mm, με καστανό χρώμα και ανοιχτόχρωμα, δικτυόμορφα ημιέλυτρα. Ως πολυφάγο είδος έχει αρκετούς ξενιστές αλλά προσβάλλει κυρίως γιγαρτόκαρπα όπως μηλιά, αχλαδιά και κυδωνιά αλλά και άλλα δέντρα και θάμνους (δαμασκηλιά, κερασιά, ροδακινιά, πυράκανθο, τριανταφυλλιά, φουντουκιά κ.α.). Το έντομο αυτό διαχειμάζει σε ρωγμές του φλοιού ή στην επιφάνεια του εδάφους ως ενήλικο. Το ενήλικο αλλά και η προνύμφη προσβάλλουν το φύλλωμα των φυτών και έτσι νύσσει και μυζάει τους χυμούς των ξενιστών. Τα συμπτώματα που προκαλούνται κατά την απορρόφηση των χυμών είναι η χλώρωση των φύλλων με πολλά λευκά και κιτρινωπά στίγματα στην επάνω επιφάνεια τους και παράλληλα στην κάτω επιφάνεια εμφανίζονται μαύρα στίγματα λόγω των εκκριμάτων των ανήλικων και των ενήλικων ατόμων (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Zeuzera pyrina

Το έντομο *Zeuzera pyrina* (κν. ζεύζερα) ανήκει στην τάξη *Lepidoptera* και στην οικογένεια *Cossidae*. Το ενήλικο άτομο έχει μήκος 25 – 30cm με πτέρυγες που φέρουν μαύρες κηλίδες ενώ όλο το χρώμα τους είναι λευκό. Προσβάλλει 150 περίπου είδη δέντρων όπου μέσα σε αυτά τα είδη συμπεριλαμβάνονται και δασικά. Οι ξενιστές του είναι η αχλαδιά, η μηλιά, η κυδωνιά και η δαμασκηλιά σε ψυχρές περιοχές. Αντίθετα σε θερμές περιοχές ζημιώνει την ελιά. Διαχειμάζει ως προνύμφη σε στοές που δημιουργεί το ίδιο το έντομο στο κορμό του κάθε ξενιστή. Κατά το δεύτερο έτος την περίοδο της άνοιξης νυμφώνεται και νωρίς καλοκαίρι εμφανίζονται τα ενήλικα άτομα αρχίζοντας να ωοτοκούν στις ρωγμές. Υπάρχει ένα χαρακτηριστικό της παρουσίας του εντόμου όταν είναι προνύμφη αφήνει μια πορτοκαλί σκόνη που παράγεται από τα ρινίσματα του ξύλου και τα αποχωρήματα της προνύμφης στην βάση του κορμού, κάτω από την οπή της ρωγμής. Στην νοτιοανατολική Ιταλία το έντομο δημιουργεί στοές στους κλαδίσκους των ελαιόδεντρων και κατά την διάρκεια της ημέρας φράσσει το άνοιγμα της ρωγμής με μεταξένια νήματα για να εμποδίσει την εισχώρησή ενός φυσικού εχθρού, συνεχίζοντας την προσβολή στους κλάδους και στον κορμό. Η χώρα μας υποφέρει από το συγκεκριμένο έντομο κυρίως στα γιγαρτόκαρπα δέντρα. Μια μόνο προνύμφη έχει την δυνατότητα να ξεράνει ολόκληρο δέντρο ηλικίας 1 – 3 ετών ή προκαλώντας σπάσιμο από άνεμο. Σε μέσης και μεγαλύτερης ηλικίας ξεραίνονται οι βραχίονες ή οι κατώτεροι κλάδοι και μπορεί να σπάσουν επίσης και αυτοί από τον άνεμο (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

3. Διάφοροι Μέθοδοι Ανίχνευσης Εντόμων

Όπως είναι φανερό τα έντομα αποτελούν ένα σημαντικό εχθρό που υποβαθμίζει την ποιότητα των προϊόντων αλλά και την ποσότητα και αυτό έχει οικονομική επιβάρυνση στον παραγωγό. Για αυτό είναι απαραίτητη η καταπολέμηση τους. Για να γίνει όμως σωστή αντιμετώπιση θα πρέπει πρώτα να γίνει αναγνώριση του είδους του εντόμου. Η γνώση το τι έντομο έχει ο παραγωγός στην καλλιέργεια του, βοηθάει στην σωστή διαχείριση του πριν προκαλέσει ζημιά χωρίς να χάνει την ποιότητα του προϊόντος του αλλά και την ποσότητα. Όμως η αναγνώριση των εντόμων άλλοτε είναι εύκολη και άλλοτε δύσκολη. Και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολλά είδη μοιάζουν μεταξύ τους και έτσι δυσκολεύεται η σωστή διάγνωση τους. Έτσι ο γεωπόνος είναι αυτός που θα αναγνωρίσει τα έντομα και θα δώσει την σωστή συμβουλή για να διαχειριστεί ο πληθυσμός τους. Η τεχνολογία όμως αναπτύσσεται ολοένα και περισσότερο και εισχωρεί στα διάφορα επαγγέλματα. Έτσι και στην γεωργία έχει εισχωρήσει και προσφέρει τις δυνατότητες της για την διευκόλυνση του παραγωγού. Ιδίως η τεχνητή νοημοσύνη που έχει εισχωρήσει στον γεωργικό τομέα έχει κάνει θαύματα. Μια από τις πολλές ικανότητες που έχει είναι και η αναγνώριση εντόμων.

Έχουν διεξαχθεί πολλά πειράματα και εφαρμόστηκαν διάφορες τεχνικές ώστε να γίνει η αναγνώριση με έναν αυτοματοποιημένο τρόπο. Συγκεκριμένα οι Kasinathan et al. (2021) κάνανε μια προεπεξεργασία τις εικόνες από δύο σύνολα δεδομένων από το Wang dataset με 225 εικόνες εντόμων σε 9 κλάσεις και το Xie dataset με 1.397 συνολικά εικόνες (785 στο σύνολο εκπαίδευσης και 612 στο σύνολο δοκιμών) σε 24 κλάσεις. Για την εκπαίδευση όλες οι εικόνες κλιμακώθηκαν σε προκαθορισμένο μέγεθος (64x64 pixels). Στη συνέχεια, για να ενισχυθεί η γενίκευση του μοντέλου, το σύνολο εκπαίδευσης εμπλουτίζεται με τεχνικές augmentation, όπως περιστροφές και κάθετες αναστροφές, καθώς και τυχαία κοψίματα, διευρύνοντας από 162 σε 1.296 για το Wang dataset και από 785 σε 6.280 για το Xie dataset. Κατόπιν οι εικόνες περνάνε από ένα απλό Convolutional Neural Network που αποτελείται από πέντε στρώματα convolution και τρία στρώματα pooling, ακολουθούμενα από πλήρως συνδεδεμένο στρώμα και από το τελικό επίπεδο softmax. Αντί να απαιτείται χειροκίνητη εξαγωγή χαρακτηριστικών, το δίκτυο μαθαίνει αυτόματα τα βέλτιστα texture και μορφολογικά μοτίβα που διακρίνουν τις διάφορες κατηγορίες εντόμων. Φάνηκε από το πείραμα που έκαναν ότι το CNN έχει υψηλότερη ακρίβεια από παραδοσιακούς αλγόριθμους όπως τα SVM, ANN, KNN, Naïve Bayes.

Μια άλλη τεχνική που διενεργήθηκε είναι η χρήση αλγορίθμων μεταερευτικής βελτιστοποίησης για τον προσδιορισμό και την ταξινόμηση παρασίτων. Στην μεθοδολογία αυτήν αρχικά συλλέχθηκαν οι εικόνες των εντόμων μέσω αισθητήρων IoT (Internet of Things), οι οποίες αποστέλλονται σε μια κεντρική πλατφόρμα. Έπειτα ο αλγόριθμος YOLOv3 εντοπίζει γρήγορα τα έντομα μέσα στις εικόνες, δημιουργώντας πλαίσια (bounding boxes) γύρω από αυτά. Τα

αποκομμένα τμήματα των εικόνων τροφοδοτούνται σε ένα συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο (CNN) για εξαγωγή χαρακτηριστικών (feature maps). Στην συνέχεια τα χαρακτηριστικά αυτά περνάνε μέσα σε ένα υβριδικό μοντέλο Convolutional-LSTM (CNLSTM), στο οποίο η δομή και οι παράμετροι του LSTM βελτιστοποιούνται δυναμικά μέσω του μεταευσιστικού αλγορίθμου Adaptive Honey Badger Algorithm (AHBA), με στόχο τη μεγιστοποίηση της ακρίβειας ταξινόμησης. Σε δοκιμές με πάνω από 75.000 εικόνες και 102 κατηγορίες εντόμων, η μέθοδος πετυχαίνει περίπου 90% ακρίβεια, υπερτερώντας σε σχέση με άλλα μοντέλα όπως τα CNN, Deep-CNN, RCNN και κλασικά LSTM (Kathole et al., 2023).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αναγνώριση μέσω της γεωμετρικής μορφομετρίας των φτερών σε δύο είδη εντόμων: *Haematobosca sanguinolenta* και *Haematobosca aberrans*. Αρχικά συλλέχθηκαν δείγματα από τα δύο αυτά έντομα και απομονώθηκε η αριστερή πτέρυγα της κάθε μύγας. Τραβήχτηκαν ψηφιακές φωτογραφίες, επισημάνθηκαν δέκα ανατομικά “landmarks” στο περίγραμμα του φτερού και εφαρμόστηκε η διαδικασία Procrustes για την αφαίρεση διαφορών θέσης, περιστροφής και κλίμακας. Τέλος, μέσω πολυμεταβλητών τεχνικών (PCA, DFA) και Mahalanobis αποστάσεων αξιολογείται η διακριτική ικανότητα του σχήματος, επιτυγχάνοντας πάνω από 99 % ακρίβεια στην ταξινόμηση ειδών, ακόμη και σε δείγματα που έχουν υποστεί φθορές κατά τη συλλογή (Ardkhongharn et al., 2023).

Οι Lv et al. (2022) αναφέρουν μια μέθοδο όπου συγκέντρωσαν 17.049 εικόνες από παγίδες φωτός, εφαρμόζοντας σε αυτές τις εικόνες instance augmentation, δηλαδή μια διαδικασία κοψίματος, περιστροφής και επικόλλησης εντόμων σε εικόνες με ελάχιστους στόχους, για την ενίσχυση των μικρών κλάσεων και τη βελτίωση της ανίχνευσης μικρών αντικειμένων. Στη συνέχεια, τα προκαθορισμένα anchors του YOLOv3 αναπροσαρμόζονται μέσω γραμμικής κλιμάκωσης k-means, ώστε να ευθυγραμμιστούν καλύτερα με τα πραγματικά μεγέθη των εντόμων. Τέλος, η αρχιτεκτονική του YOLOv3 τροποποιείται με την αντικατάσταση ορισμένων Conv-BN-LeakyReLU blocks από residual blocks τύπου ResNet στο backbone και την αφαίρεση ενός εκ των τριών detection heads, προσφέροντας ένα ελαφρύτερο, ταχύτερο (61 FPS) και πιο ακριβές μοντέλο με σημαντική βελτίωση στη μέση ακρίβεια (mAP +6,3%).

Οι Zhang et al. (2022) επίσης αναφέρονται σε μερικούς τρόπους για την ανίχνευση των εντόμων. Σύμφωνα με αυτούς λοιπόν για την ανίχνευση εντόμων και γενικά των αντικειμένων γίνεται με την αναγνώριση εικόνας με την βοήθεια αλγορίθμων CNN (Convolutional Neural Network) που βασίζονται στην βαθιά μάθηση (Deep Learning). Γενικά η ανίχνευση γίνεται με αλγορίθμους δύο σταδίων όπου κατά το πρώτο στάδιο σχηματίζει μια σειρά από κουτιά που μπορεί να περιέχει κάποιο αντικείμενο και κατόπιν στον δεύτερο στάδιο παίρνει τα διάφορα κουτιά, τα ταξινομεί με

βάση το αντικείμενο και τα βελτιώνει. Κάποιοι αλγόριθμοι από αυτή την κατηγορία είναι οι εξής: RCNN, Fast RCNN, Faster RCNN, Cascade RCNN και Mask RCNN.

Το RCNN πρακτικά λαμβάνει τι εικόνες, εξάγει 2000 προτάσεις υποψήφίων περιοχών που υπάρχουν αντικείμενα από κάτω προς τα πάνω, στην συνέχεια παίρνει κάθε πρόταση και με την βοήθεια ενός μεγάλου CNN εξάγει κάποια χαρακτηριστικά από αυτές τις 2000 προτάσεις και τέλος με την χρήση γραμμικού SVMs ειδικής κλάσης ταξινομεί κάθε περιοχή (Girshick et al., 2014).

Το Fast RCNN λαμβάνει μια εικόνα ως είσοδο και ένα σύνολο προτάσεων αντικειμένων. Αρχικά το δίκτυο επεξεργάζεται την εικόνα περνώντας από μια σειρά από διάφορα συνελεκτικά (conv) και από max pooling και στην συνέχεια παράγεται ένας χάρτης χαρακτηριστικών (feature map). Αργότερα για κάθε πρόταση ένα στρώμα RoI pooling (όπου το RoI pooling χρησιμοποιεί max pooling), από τον χάρτη χαρακτηριστικών, εξάγει ένα διάνυσμα σταθερού μήκους. Κάθε διάνυσμα χαρακτηριστικών τροφοδοτείται σε μια ακολουθία πλήρως συνδεδεμένων στρωμάτων όπου τελικά διακλαδίζονται σε δύο “αδελφές” εξόδους τα οποία είναι τα εξής: 1) παράγονται, με softmax, εκτιμήσεις πιθανοτήτων για τις K κατηγορίες αντικειμένων και μια ακόμη κλάση “φόντου” και 2) εξαγωγή τεσσάρων πραγματικών αριθμών για κάθε μία από τις K κλάσεις αντικειμένων. Τέλος κάθε σύνολο των τεσσάρων αυτών τιμών κωδικοποιεί τις εκλεπτυσμένες συντεταγμένες του bounding box για μια από τις K κλάσεις (Girshick, 2015).

Το Faster RCNN αποτελείται από δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα υπάρχει ένα βαθύ πλήρως συνελεκτικό δίκτυο (Region Proposal Network - RPN) και στην δεύτερη είναι ο Fast RCNN. Όλο το σύστημα λειτουργεί ως ένα ενιαίο, ενοποιημένο δίκτυο για την ανίχνευση των αντικειμένων. Στην ουσία το RPN υποδεικνύει στο Fast RCNN που να εστιάσει (Ren et al., 2016).

Το Cascade RCNN αποτελείται από μια αλληλουχία ανιχνευτών, εκπαιδευμένων με αυξανόμενα κατώφλια IoU, με στόχο να γίνονται διαδοχικά πιο εκλεκτικοί απέναντι σε ψευδείς θετικές εντοπίσεις. Οι ανιχνευτές εκπαιδεύονται βήμα προς βήμα, χρησιμοποιώντας την παρατήρηση πως η έξοδος ενός ανιχνευτή έχει μια καλή κατανομή για την εκπαίδευση του επόμενου υψηλότερης ποιότητας ανιχνευτή. Η ίδια διαδικασία cascade εφαρμόζεται και κατά το inference, κάνοντας καλύτερο ταίριασμα μεταξύ των υποψήφίων περιοχών και της ποιότητας για την οποία έχει εκπαιδευτεί κάθε στάδιο (Cai and Vasconcelos, 2018).

Το Mask RCNN είναι μια επέκταση του Faster RCNN. Προσθέτει έναν επιπλέον κλάδο, μαζί με τους κλάδους του Faster RCNN, που είναι για την πρόβλεψη των масκών τμηματοποίησης με το τρόπο pixel-to-pixel. Επιπλέον ο κλάδος είναι ένα μικρό FCN που παράγει μια μάσκα διαστάσεων $m \times m$ σε κάθε RoI διατηρώντας την ακριβή χωρική διάταξη του αντικειμένου. Επίσης το RoIPool επειδή έχει κακή ευθυγράμμιση μεταξύ του RoI και των χαρακτηριστικών, λόγω της αδρής χωρικής

κβαντοποίησης για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών, έχει ως αποτέλεσμα την αρνητική επίδραση στην πρόβλεψη μάσκας pixel-to-pixel. Για την λύση αυτού του προβλήματος το Mask RCNN χρησιμοποιεί ένα επίπεδο χωρίς κβαντοποίηση το RoIAlign μέσω του bilinear interpolation (He et al., 2017).

Εκτός από αλγόριθμους δύο σταδίων υπάρχουν και αλγόριθμοι ενός σταδίου που μετατρέπουν την πρόβλεψη του πλαισίου μέσω παλινδρόμησης σε πρόβλημα παλινδρόμησης και ταυτόχρονα πραγματοποιούνται και η παλινδρόμηση και η ταξινόμηση των δειγμάτων. Κάποιοι αλγόριθμοι από αυτή την κατηγορία είναι οι εξής: η σειρά YOLO (YOLO, YOLO9000, YOLOv3, YOLOv4, YOLOX), ο SDD και ο RetinaNet (Zhang et al., 2022).

Το YOLO υλοποιείται ως ένα συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο. Επεξεργάζεται όλη την εικόνα χωρίζοντας την είσοδο σε πλέγμα και προβλέποντας απευθείας τα πλαίσια (bounding boxes) και τις κατηγορίες των αντικειμένων. Το κάθε κελί του πλέγματος ελέγχει εάν το κέντρο ενός αντικείμενου υπάρχει μέσα στα όρια του κελιού και αν ναι υπολογίζει τις συντεταγμένες του αντικείμενου και πόσο σίγουρο είναι για αυτό. Το YOLO διαθέτει 24 συνελκτικά στρώματα χρησιμοποιώντας διαδοχικά φίλτρα 1x1 και 3x3 για την σταδιακή μείωση της χωρικής διάστασης ακολουθούμενα από 2 πλήρως συνδεδεμένα στρώματα στο τέλος. Χρησιμοποιεί leaky ReLU σε όλα τα συνελκτικά στρώματα όπως και γραμμική ενεργοποίηση στην τελική στρώση και εκπαιδεύεται με sum-squared error με ειδικούς συντελεστές απώλειας. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα πλέγμα SxS και για κάθε κελί προβλέπει B bounding boxes και C κλάσεις κωδικοποιώντας τον tensor $S \times S \times (B*5 + C)$. Στο στάδιο του inference, το δίκτυο επιστρέφει εκατοντάδες υποψήφια πλαίσια όπου με την διαδικασία του non-maximum suppression αφαιρούνται οι πλεονάζουσες προβλέψεις και διατηρείται η πιο αξιόπιστη (Redmon et al., 2016).

Το YOLO9000 στηρίζεται στο βελτιωμένο YOLOv2, το οποίο χρησιμοποιεί ως «κορμό» το δίκτυο Darknet-19 το οποίο αποτελείται από 19 συνελκτικές στρώσεις με 3x3 και 1x1 φίλτρα και 5 max-pool στρώσεις. Στο πλαίσιο της μετάβασης σε ανίχνευση αφαιρείται η τελευταία συνελκτική στρώση και προστίθενται τρεις επιπλέον 3x3 συνελκτικές στρώσεις και ένα τελικό 1x1 που παράγει τις προβλέψεις. Εξάγει χαρακτηριστικά ακολουθούμενο από τρεις επιπλέον 3x3 στρώσεις και ένα τελικό 1x1, που προβλέπει, σε πλέγμα 13x13, 5 anchor boxes με συντεταγμένες t_x , t_y , t_w και t_h , πιθανότητα ότι υπάρχει αντικείμενο (t_o) και κατανομές πιθανοτήτων για κάθε μία από τις k κλάσεις. Για την καλύτερη εντόπιση μικρών αντικειμένων, εισάγεται “passthrough” από ενδιάμεση στρώση 26x26, συγχωνεύοντας λεπτομερή χαρακτηριστικά με τα τελικά (13x13). Τέλος, το YOLO9000 επεκτείνει το μοντέλο σε περίπου 9000 κλάσεις μέσω ταυτόχρονης εκπαίδευσης σε σύνολα εντοπισμού (COCO) και ταξινόμησης (ImageNet) χρησιμοποιώντας την ιεραρχία WordTree αλλά

χρησιμοποιεί μικρότερο αριθμό priors (από 5 σε 3). Επιπλέον, όταν το δίκτυο εκπαιδεύεται σε εικόνες που έχουν μόνο ετικέτα κλάσης (ImageNet), εφαρμόζεται μια μορφή «αδύναμης» εποπτείας: το μοντέλο εντοπίζει το πιο πιθανό κιβώτιο για την κλάση και το χρησιμοποιεί ως υποθετικό στόχο κατά την ενημέρωση των παραμέτρων, αντί της πλήρους bounding-box επίβλεψης για κάθε τέτοια εικόνα (Redmon and Farhadi, 2017).

Το YOLOv3 είναι ένας ταχύτατος, one-stage ανιχνευτής αντικειμένων, ο οποίος βασίζεται σε τρία κύρια στοιχεία. Αρχικά χρησιμοποιεί ως backbone το Darknet-53 με 53 στρώσεις με residual συνδέσεις. Δεύτερον χρησιμοποιούνται συνολικά 9 anchor boxes που έχουν προκύψει από το k-means clustering και χωρίζονται σε τρεις κλίμακες. Το κάθε anchor παράγει πρόβλεψη τεσσάρων παραμέτρων (b_x , b_y , b_w και b_h). Στην ταξινόμηση των κλάσεων γίνεται με ανεξάρτητους logistic classifiers αντί για softmax, χρησιμοποιώντας binary cross-entropy loss για κάθε κλάση επιτρέποντας multilabel προβλέψεις ανά box. Το YOLOv3 παράγει προβλέψεις σε τρεις διαφορετικές χωρικές κλίμακες. Σε κάθε κλίμακα το feature map επεξεργάζεται μέσω μικρότερου δικτύου, ενώ οι ανώτερες κλίμακες λαμβάνουν upsampling των χαμηλότερων χαρακτηριστικών και concatenation. Τέλος, η εκπαίδευση πραγματοποιείται με multi-scale training και data augmentation, χωρίς hard negative mining, χρησιμοποιώντας το Darknet framework και batch normalization σε κάθε επίπεδο (Redmon and Farhadi, 2018).

Το YOLOv4 έχει ως κύριο κορμό το CSPDarknet53 που είναι το νέο backbone. Τα SPP-block και PAN ως neck στρώσεις που έχουν στόχο τη συνένωση και ενίσχυση των χαρακτηριστικών σε πολλαπλά μεγέθη κλίμακας. Και τέλος το YOLOv3 που αποτελεί την κεφαλή το τμήμα που διαβάζει τα εμπλουτισμένα χαρακτηριστικά και παράγει τις τελικές προβλέψεις. Ακόμη χρησιμοποιεί: 1) Bag of Freebies (BoF) για το backbone: CutMix & Mosaic data augmentation, DropBlock regularization και class label smoothing, 2) Bag of Specials (BoS) για το backbone: Mish activation, Cross-stage partial connections (CSP) και Multi-input weighted residual connections, 3) Bag of Freebies (BoF) για τον detector: CloU-loss, CbBN, DropBlock, Mosaic, SAT, grid-sensitivity elimination, πολλαπλοί anchors, cosine annealing, genetic hyper-parameter search και random training shapes και 4) Bag of Specials (BoS) για το detector: Mish activation, SPP-block, SAM-block, PAN, path-aggregation και DIoU-NMS (Bochkovskiy et al., 2020).

Το YOLOX βασίζεται στο YOLOv3 αλλά με μερικές διαφορές. Έχει ως backbone το DarkNet-53 με ενσωματωμένο SPP layer. Στο baseline αυτό προστίθενται τεχνικές όπως το EMA για τα βάρη, cosine learning-rate schedule, IoU loss και IoU-aware branch, καθώς και RandomHorizontalFlip, ColorJitter και multi-scale για την αύξηση των δεδομένων. Ακόμη το YOLOX εισάγει ένα ελαφρύ decoupled head όπου έχει 1x1 convolution για την μείωση των καναλιών και δύο παράλληλους

κλάδους με 3x3 convolutions όπου η μια είναι για classification και μια για regression μαζί με IoU-aware branch. Επίσης το YOLOX μεταβαίνει σε anchor-free pipeline μειώνοντας ανά θέση από 3 σε 1. Το δίκτυο προβλέπει απευθείας τις συντεταγμένες (δύο μετατοπίσεις όσον αφορά την επάνω αριστερή γωνία του πλέγματος, το ύψος και το πλάτος του προβλεπόμενου πλαισίου). Επιπλέον ενσωματώνει το Mosaic και jittered MixUp όπου η προεκπαίδευση σε ImageNet δεν είναι απαραίτητη. Τέλος, υιοθετεί το SimOTA που υπολογίζει κόστη (classification loss και regression loss) για κάθε πρόβλεψη ground truth ζεύγος και επιλέγει δυναμικά top-k θετικά δείγματα ανά αντικείμενο (Ge et al., 2021).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχουν κι άλλα μοντέλα YOLO όπως τα: YOLOv5, YOLOv6, YOLOv7, YOLOv8 κ.ά. Έτσι αναφέρονται μερικά από αυτά και όχι όλα.

Το SSD χρησιμοποιεί ως βασικό δίκτυο το VGG-16 προεκπαιδευμένο στο ImageNet CLS-LOC, από το οποίο αφαιρείται πλήρως το fc8 και τα dropout layers και τα fc6 και fc7 μετατρέπονται σε συνελικτικά φίλτρα. Στη συνέχεια προστίθενται έξι feature layers με διαδοχικά μειούμενες χωρικές διαστάσεις, ώστε το δίκτυο να μπορεί να ανιχνεύει αντικείμενα σε πολλαπλά μεγέθη. Σε κάθε θέση του κάθε feature το SSD τοποθετεί k προκαθορισμένα “default boxes” πολλαπλών κλιμάκων και διαφορετικών αναλογιών. Σε κάθε default box γίνονται προβλέψεις 4 συντεταγμένων μετατόπισης και c κλάσεων. Τέλος Το δίκτυο εκπαιδεύεται end-to-end με loss που συνδυάζει localization loss (Smooth L1) και confidence loss (Softmax), χρησιμοποιώντας hard-negative mining και εκτεταμένα data augmentations (Liu et al., 2016).

Το RetinaNet είναι ένας πλήρως συνελικτικός ανιχνευτής αντικειμένων που αποτελείται από ένα backbone και δύο υποδίκτυα για ταξινόμηση και παρεμβολή κουτιών. Βασίζεται σε ένα προεκπαιδευμένο ResNet με ενσωματωμένο Feature Pyramid Network, το οποίο ενισχύει το συνελικτικό δίκτυο με κατιούσα διαδρομή και οριζόντιες συνδέσεις, ώστε να παράγει χαρακτηριστικά σε πολλαπλές κλίμακες. Σε κάθε επίπεδο της πυραμίδας λειτουργεί ένα ελαφρύ subnet ταξινόμησης, το οποίο αποτελείται από τέσσερα συνελικτικά στρώματα 3x3 ακολουθούμενα από ένα στρώμα πρόβλεψης κλάσης για κάθε anchor box, και ένα αντίστοιχο subnet παρεμβολής (bounding-box regression) με τέσσερα 3x3 συνελικτικά στρώματα και ένα στρώμα για την εκτίμηση των μετατοπίσεων των κουτιών. Κάθε θέση στην έξοδο της πυραμίδας διαθέτει προκαθορισμένους anchors σε τρεις αναλογίες και τρεις κλίμακες, εξασφαλίζοντας κάλυψη αντικειμένων διαφορετικών μεγεθών και σχημάτων. Τέλος, στην εκπαίδευση χρησιμοποιείται η Focal Loss, ένα τροποποιημένο Cross-Entropy με παράγοντα μείωσης της συνεισφοράς των εύκολα ταξινομημένων δειγμάτων, ώστε ο ανιχνευτής να εστιάζει στην εκμάθηση των «δύσκολων» περιπτώσεων (Lin et al., 2017).

Υπάρχουν και οι αλγόριθμοι περιστροφικής ανίχνευσης όπου η ανάπτυξη ανίχνευση περιστρεφόμενων αντικειμένων με οριζόντια ανίχνευση έχει προσελκύσει την προσοχή των ερευνητών. Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι: ο R3Det, ο ReDet και ο S2A-Net κ.α (Zhang et al., 2022).

Το R3Det βασίζεται αρχικά στο RetinaNet με πυραμίδα χαρακτηριστικών (FPN), χρησιμοποιώντας ως backbone ένα δίκτυο όπως το ResNet-50 για εξαγωγή χαρακτηριστικών πολλών κλιμάκων. Στη συνέχεια εφαρμόζει μια προσοδευτική παλινδρόμηση (coarse to fine) όπου: στο πρώτο στάδιο χρησιμοποιεί οριζόντια anchor boxes για γρήγορη και ευρεία ανίχνευση αντικειμένων ενώ στα επόμενα στάδια εισάγει περιστρεφόμενα anchors με αυστηρότερα όρια, επιταχύνοντας σταδιακή βελτίωση της ακρίβειας στις αραιές και πυκνές περιοχές. Παράλληλα, το δίκτυο ενισχύεται από το Feature Refinement Module, το οποίο χρησιμοποιεί bilinear feature interpolation για να ανακατασκευάσει ολόκληρο το feature map εκτελώντας τη διαδικασία pixel-wise και να επιτύχει feature alignment. Τέλος, υιοθετεί ένα approximate SkewIoU loss για ακριβέστερη εκτίμηση περιστροφής, αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα του μη παραγωγίσιμου υπολογισμού SkewIoU (Yang et al., 2021).

Το ReDet βασίζεται σε έναν ειδικά σχεδιασμένο rotation-equivariant backbone ο οποίος αντικαθιστά το συμβατικό ResNet + FPN: κάθε επίπεδο του backbone χρησιμοποιεί group convolutions ώστε να παράγει feature maps με επιπλέον διάσταση προσανατολισμού (N προκαθορισμένες γωνίες), εξασφαλίζοντας ότι μια περιστροφή στην είσοδο αντιστοιχεί σε προβλέψιμη μετατόπιση αυτών των feature maps χωρίς ανάγκη ξεχωριστής εκπαίδευσης για κάθε γωνία. Το αποτέλεσμα είναι μείωση του πλήθους των παραμέτρων περίπου $1/N$, ενώ διατηρείται ή και βελτιώνεται η ακρίβεια στην αναγνώριση αντικειμένων με αυθαίρετο προσανατολισμό. Στο στάδιο εξαγωγής και ταξινόμησης των περιοχών ενδιαφέροντος, το ReDet ενσωματώνει έναν rotation-invariant RoI Align (RiRoI Align). Αρχικά οι περιοχές παράγονται από το RPN σε συνδυασμό με το RoI Transformer, και στην συνέχεια το RiRoI Align εφαρμόζει πρώτα spatial warping βάσει των RRoI bounding boxes, και μετά orientation alignment: ο άξονας της κοντινότερης προκαθορισμένης γωνίας μπαίνει πρώτος (circular switch), και για ενδιάμεσες γωνίες πραγματοποιείται 1-D interpolation. Με αυτόν τον τρόπο τα τελικά feature maps είναι πλήρως ανεξάρτητα από την περιστροφή της εισόδου, οδηγώντας σε compact αλλά ισχυρό μοντέλο έτοιμο για ανίχνευση αντικειμένων σε αεροφωτογραφίες με ποικιλία προσανατολισμών (Han et al., 2021).

Το S2A-Net είναι ένα fully-convolutional, single-shot δίκτυο που ανιχνεύει προσανατολισμένα αντικείμενα σε αεροφωτογραφίες. Χρησιμοποιεί ResNet-FPN για εξαγωγή χαρακτηριστικών, έπειτα στο Feature Alignment Module (Anchor Refinement + AlignConv) ευθυγραμμίζει τα χαρακτηριστικά με την κλίση των αντικειμένων, και στο Oriented Detection

Module (Active Rotating Filters + rotation-invariant pooling) παράγει ξεχωριστές κεφαλές για παλινδρόμηση και ταξινόμηση. Τέλος, κάνει single-shot inference με top-k επιλογή και NMS, συνδυάζοντας ταχύτητα και ακρίβεια (Han et al., 2021).

Αυτά ήταν μια παρουσίαση για την αρχιτεκτονική κάποιων αλγορίθμων που υπάρχουν για την ανίχνευση αντικειμένων και φυσικά και των έντομα. Προφανώς υπάρχουν κι άλλοι αλγόριθμοι πιο απλοί αλλά και πιο περίπλοκοι απλά αναφέρονται μερικές αρχιτεκτονικές από αυτούς.

Ακόμη μια άλλη μέθοδος είναι η επεξεργασία εικόνων για την ανίχνευση σχήματος εντόμων σε καλλιέργειες. Στην μέθοδο αυτήν γίνεται προεπεξεργασία των έγχρωμων εικόνων όπου μετατρέπονται σε κλίμακα του γκρι για την ομογενοποίηση της φωτεινότητας και την μείωση του θορύβου. Έπειτα εφαρμόζεται το φίλτρο Sobel για την εξαγωγή των ακμών, ακολουθούμενο από μορφολογικές διεργασίες (dilation, closing και filling holes) ώστε να απομονωθούν με σαφήνεια τα περιγράμματα των εντόμων από το φόντο. Από κάθε απομονωμένο περίγραμμα υπολογίζονται οι γεωμετρικοί δείκτες σχήματος όπως το εμβαδόν, η περίμετρος, οι κύριοι και δευτερεύοντες άξονες, η εκκεντρότητα, η κυκλικότητα, η συμπαγότητα και η σφικτότητα. Οι δείκτες αυτοί συνθέτουν ένα διανυσματικό σύνολο χαρακτηριστικών που χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των εντόμων σε τέσσερα βασικά σχήματα (κύκλο, οβάλ, τρίγωνο και ορθογώνιο) χρησιμοποιώντας αλγορίθμους υλοποιημένους στο MATLAB με το Image Processing Toolbox (Thenmozhi and Reddy, 2017).

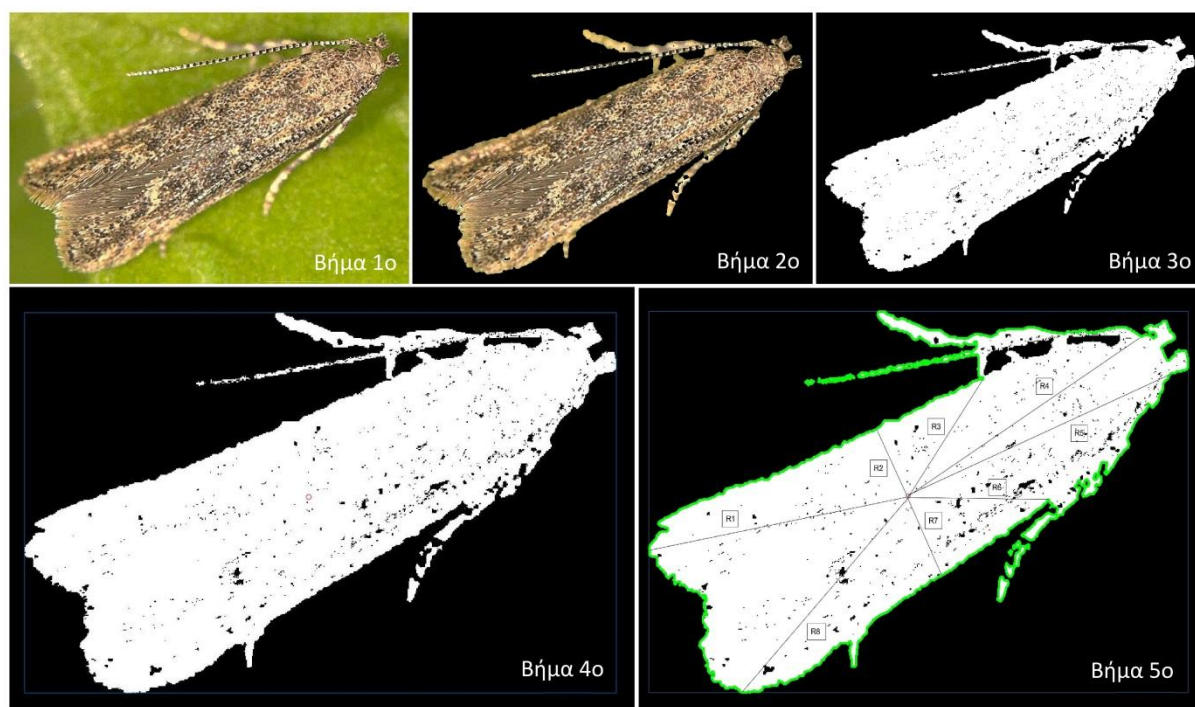
Επίσης γίνεται και διαχωρισμός των ειδών των εντόμων με βάσει τα χαρακτηριστικά του σχήματος τους. Η μέθοδος αυτή χωρίζεται σε δύο στάδια. Αρχικά, από κάθε ψηφιακή εικόνα εντόμου εξάγονται global χαρακτηριστικά σχήματος, τα οποία ονομάζονται invariant moments, καθώς παραμένουν αμετάβλητα σε μετατοπίσεις, ομοιόμορφη κλίμακα και περιστροφές. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται έξι οικογένειες τέτοιων μεθόδων: γεωμετρικά, United, Zernike, Legendre, Tchebichef και Krawtchouk moments. Κάθε μία από τις οποίες παράγει έναν συμπαγή διάνυσμα χαρακτηριστικών που περιγράφει την ποιοτική μορφή του εντόμου. Στη συνέχεια, αυτά τα διανύσματα χαρακτηριστικών τροφοδοτούνται σε ένα εξελιγμένο νευρωνικό σύστημα το Fuzzy ARTMAP, ενισχυμένο με Quality Threshold clustering (QTAM), που επιλέγει δυναμικά ομάδες δειγμάτων με βάση κριτήρια ποιότητας, εξαλείφοντας την επίδραση του παράγοντα σειράς παρουσίας των δεδομένων. Επιπλέον, εξετάζονται παραλλαγές του QTAM με Gaussian και Mahalanobis συναρτήσεις απόφασης, με στόχο την περαιτέρω βελτίωση της ακρίβειας ταξινόμησης. Η μεθοδολογία αξιολογείται σε δεδομένα 240 εικόνων από 20 διαφορετικά είδη εντόμων, εξετάζοντας τόσο την intraclass analysis όσο και την interclass analysis, προκειμένου να αναδειχθεί ο βέλτιστος συνδυασμός τεχνικής εξαγωγής χαρακτηριστικών και αλγορίθμου κατάταξης (Yaakob and Jain, 2012).

Πέραν των μεθόδων που υπάρχουν για την αναγνώριση η επιστήμη προχώρησε και σε άλλα πράγματα. Ένα από αυτά είναι και αυτόματη τοποθέτηση ανατομικών σημείων σε ψηφιακές εικόνες εντόμων. Η μέθοδος αυτή, η οποία προσφέρει ακρίβεια συγκρίσιμη με τη χειροκίνητη σήμανση, αποτελείται από το βασικό στοιχείο της που είναι ένα συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο το EB-Net το οποίο αποτελείται από επαναλαμβανόμενα blocks convolution-pooling-dropout ακολουθούμενα από πλήρως συνδεδεμένα στρώματα τα οποία προβλέπουν τις 2D συντεταγμένες κάθε landmark. Για την εκπαίδευσή του χρησιμοποιούνται περίπου 2.000 εικόνες ανά τμήμα (κεφάλι, θώρακας, έλυτρα), ενισχυμένες μέσω τεχνικών data augmentation, ενώ εφαρμόζεται 9-folds cross-validation. Η 9-folds cross-validation στο EB-Net λειτουργεί ως εξής: το σύνολο των 293 εικόνων χωρίζεται σε 9 ίσα «rounds» των ~33 εικόνων, καθεμία από τις οποίες χρησιμοποιείται εναλλάξ ως test set, ενώ οι υπόλοιπες 260 εικόνες πολλαπλασιάζονται επί 7 μέσω του augmentation και δίνουν συνολικά 1.820 εικόνες για εκπαίδευση/επικύρωση. Σε κάθε round, οι 1.820 εικόνες χωρίζονται σε training set (60 %) και validation set (40 %), το δίκτυο εκπαιδεύεται και επικυρώνεται αντίστοιχα, και στο τέλος αξιολογείται μόνο στο test set των 33 εικόνων. Μετά από 9 επαναλήψεις, ώστε κάθε εικόνα να λειτουργήσει ακριβώς μία φορά ως test, συλλέγονται τα σφάλματα και ο μέσος όρος τους αποτελεί την τελική εκτίμηση απόδοσης του μοντέλου. Μετά από την αρχική εκπαίδευση που ξεκινάει από το μηδέν, το δίκτυο βελτιώνεται επιπλέον μέσω του fine-tuning σε δεδομένα ανίχνευσης χαρακτηριστικών ανθρώπινου προσώπου, μειώνοντας έτσι την απόκλιση κατά 20–30 %. Το τελικό μοντέλο επιτυγχάνει μέση απόκλιση περίπου 3 px (1 % του μεγέθους εικόνας), αρκετά μικρή ώστε να επιτρέψει αξιόπιστες γεωμετρικές μορφομετρικές αναλύσεις χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση. Με αυτό τον τρόπο μπορεί σε επόμενη φάση να γίνει και η αναγνώριση του κάθε είδους μέσω αυτών των σημείων (Le et al., 2020).

4. Μέθοδος αναγνώρισης με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των εντόμων

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μια μέθοδος κατά την οποία είναι δυνατόν να γίνει αναγνώριση και ταξινόμηση των εντόμων σύμφωνα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν εικόνες τριάντα διαφορετικών ειδών εντόμων από το διαδίκτυο. Οι εικόνες αυτές έχουν μεγάλη ανάλυση για την όσο το δυνατόν καλύτερη επεξεργασία, καθώς επίσης η λήψη των εντόμων έγινε κατά την άνω όψη και όχι από πλάγιες όψεις. Στη συνέχεια, μετά τη συλλογή των εικόνων, κάθε εικόνα φορτώθηκε ξεχωριστά στο λογισμικό MATLAB όπου έγινε εξ ολοκλήρου όλη η επεξεργασία των εικόνων για την υλοποίηση του αλγορίθμου αναγνώρισης. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζονται τα βήματα υλοποίησης του αλγορίθμου αναγνώρισης των εντόμων:

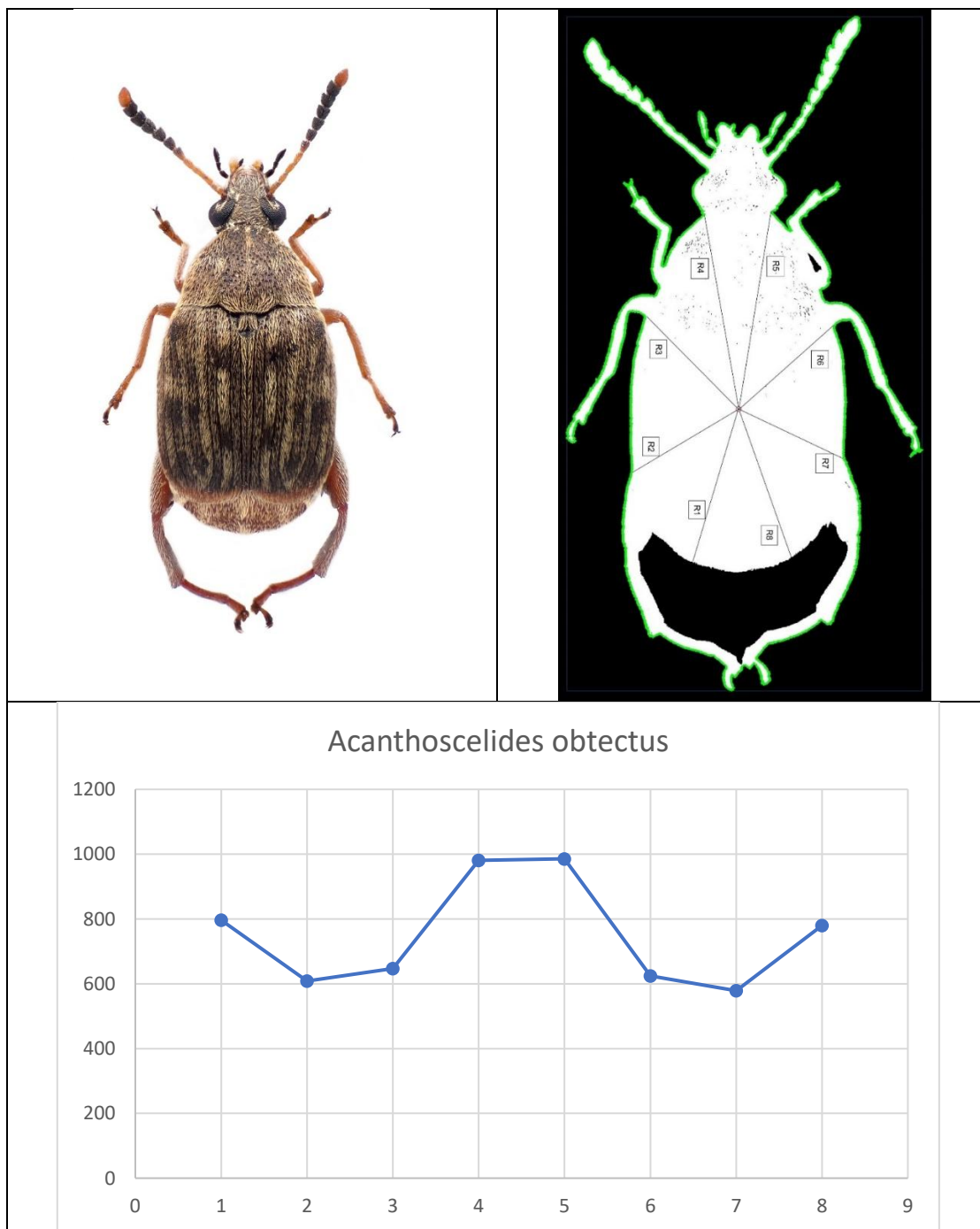
- Βήμα 1^ο: Δημιουργία data set,
- Βήμα 2^ο: Κατάτμηση RGB εικόνας με μάσκα,
- Βήμα 3^ο: Μετατροπή εικόνας σε δυαδική,
- Βήμα 4^ο: Εύρεση ορθογώνιου περιγράμματος (Bounding Box) και κέντρου βάρους (centroid),
- Βήμα 5^ο: Εξαγωγή σημείων κλειδιών από το περίγραμμα,
- Βήμα 6^ο: Δημιουργία ψηφιακής υπογραφής.



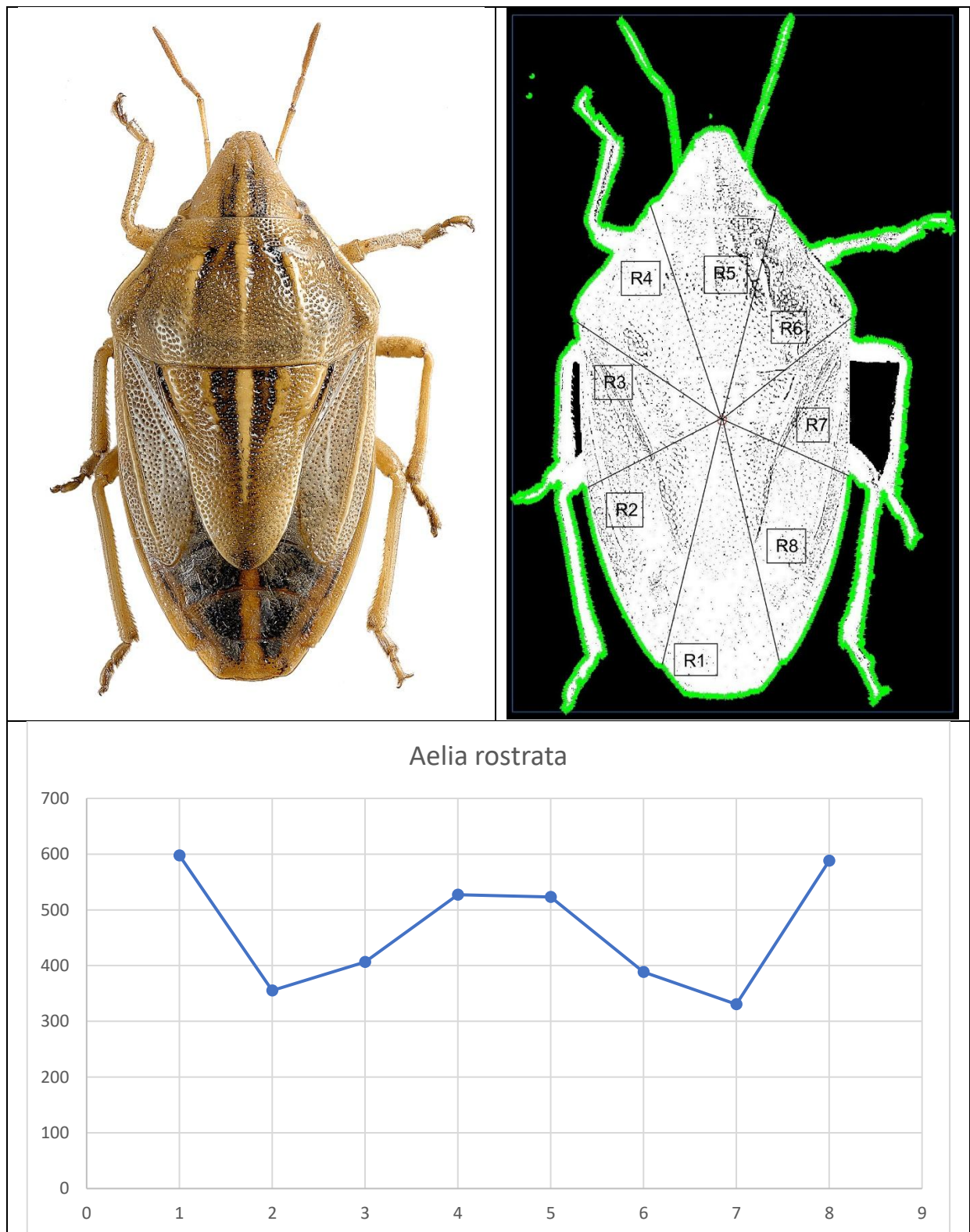
Εικόνα 1: Τα βήματα υλοποίησης του αλγορίθμου αναγνώρισης των εντόμων.

5. Αποτελέσματα

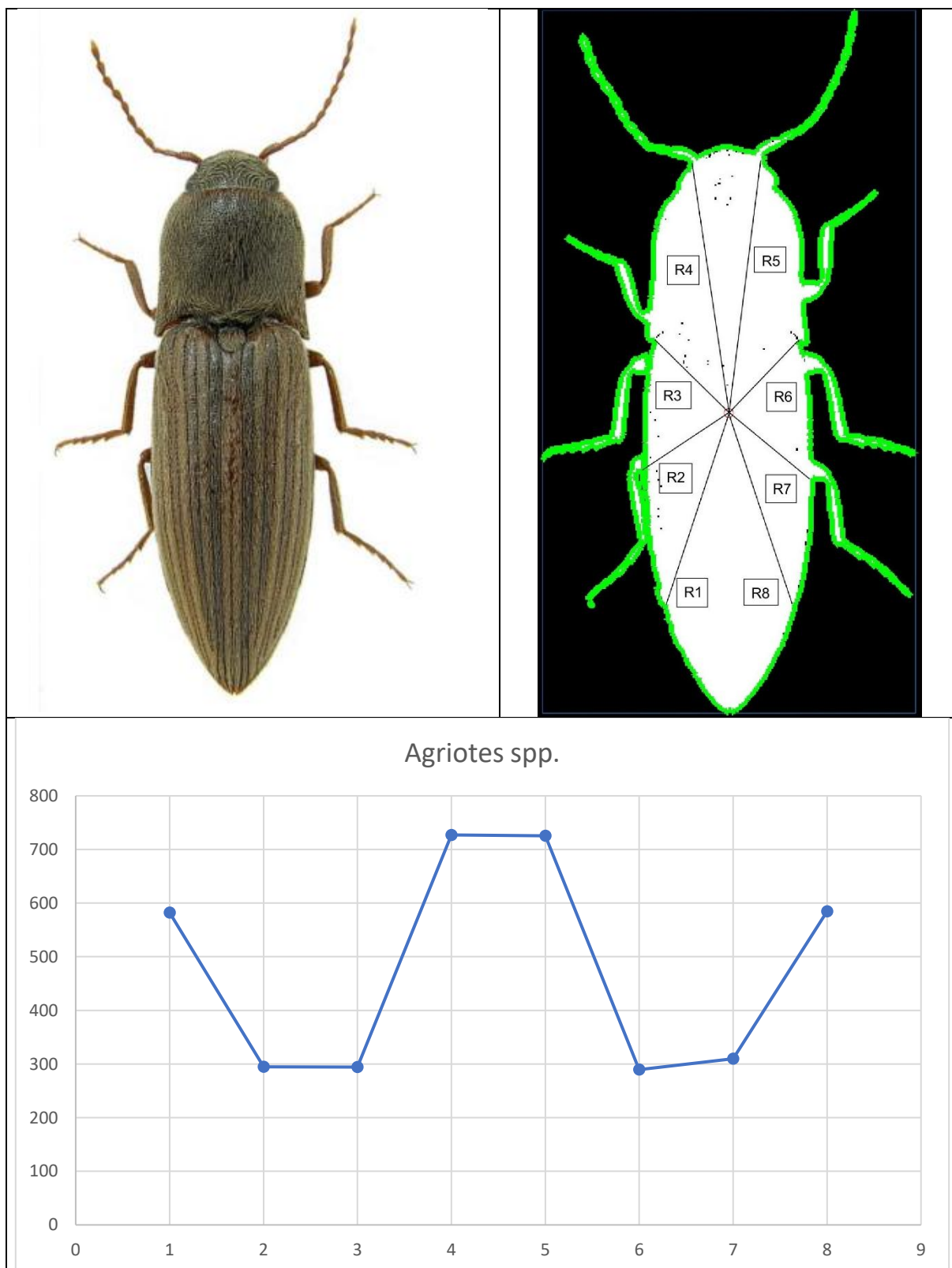
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με τις ψηφιακές υπογραφές των εντόμων που προέκυψαν μετά από επεξεργασία των πηγαίων εικόνων. Ακολουθεί σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών με απώτερο σκοπό την αναγνώριση και κατηγοριοποίηση των εντόμων.



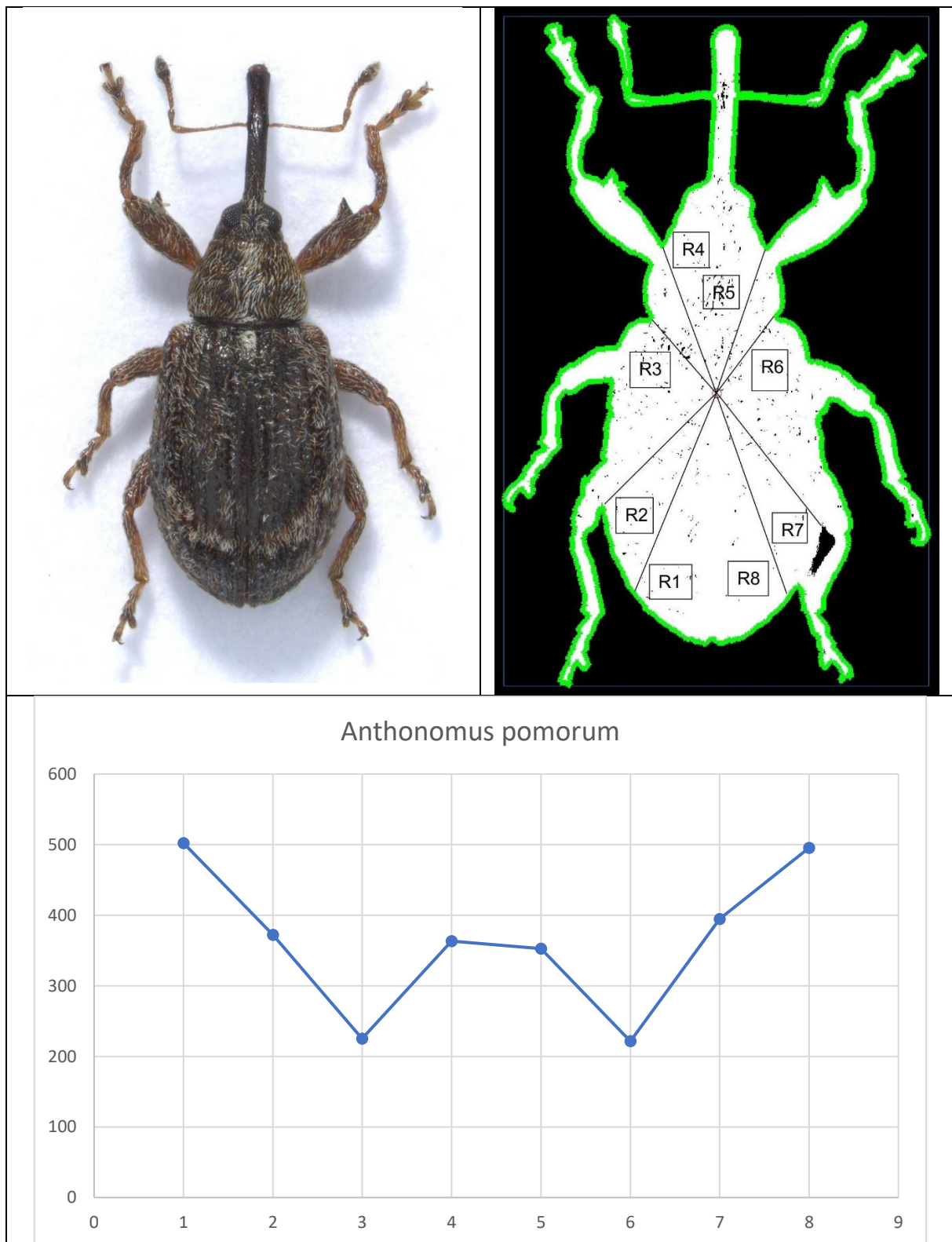
Εικόνα 2: *Acanthoscelides obtectus*



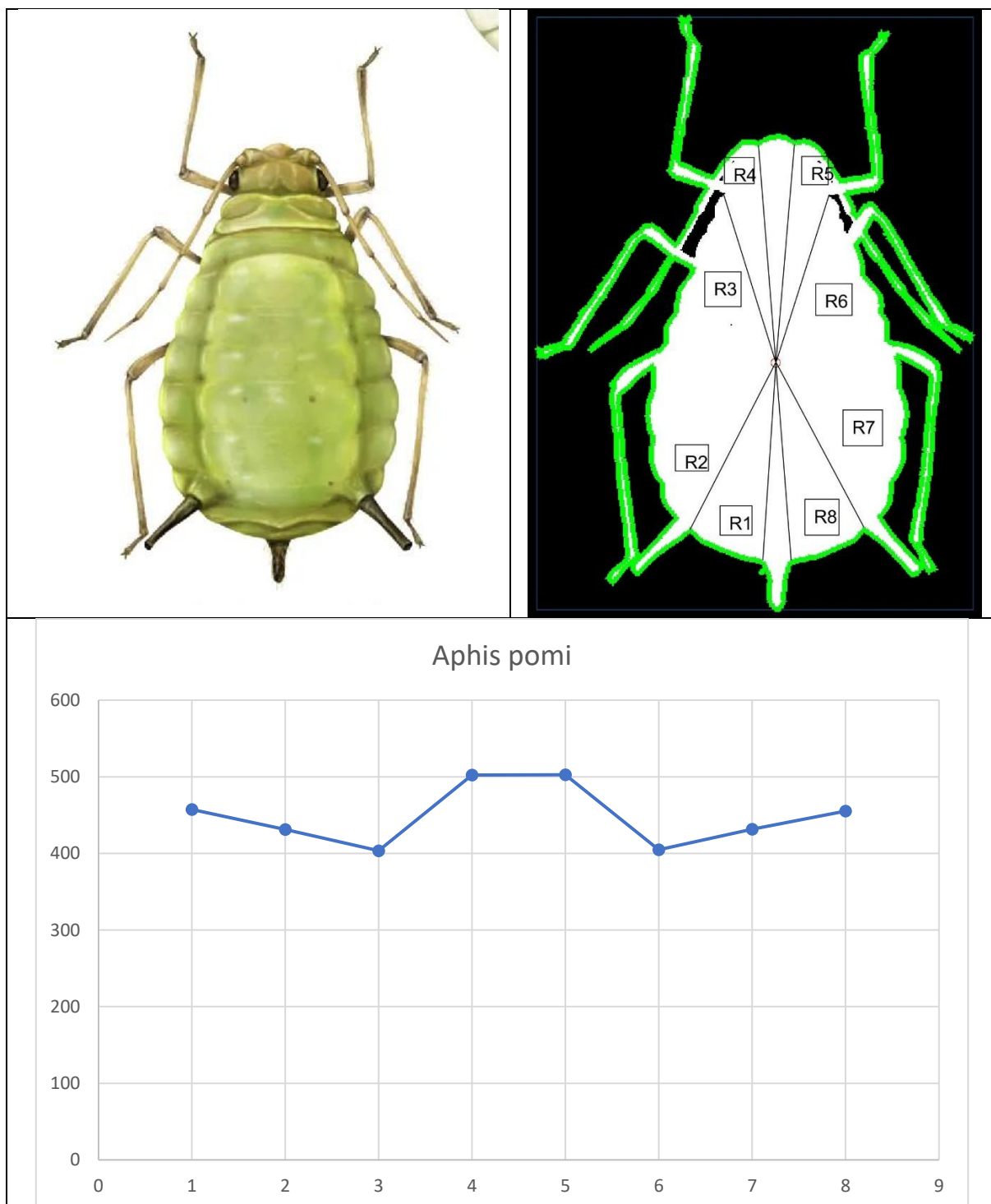
Εικόνα 3: *Aelia rostrata*



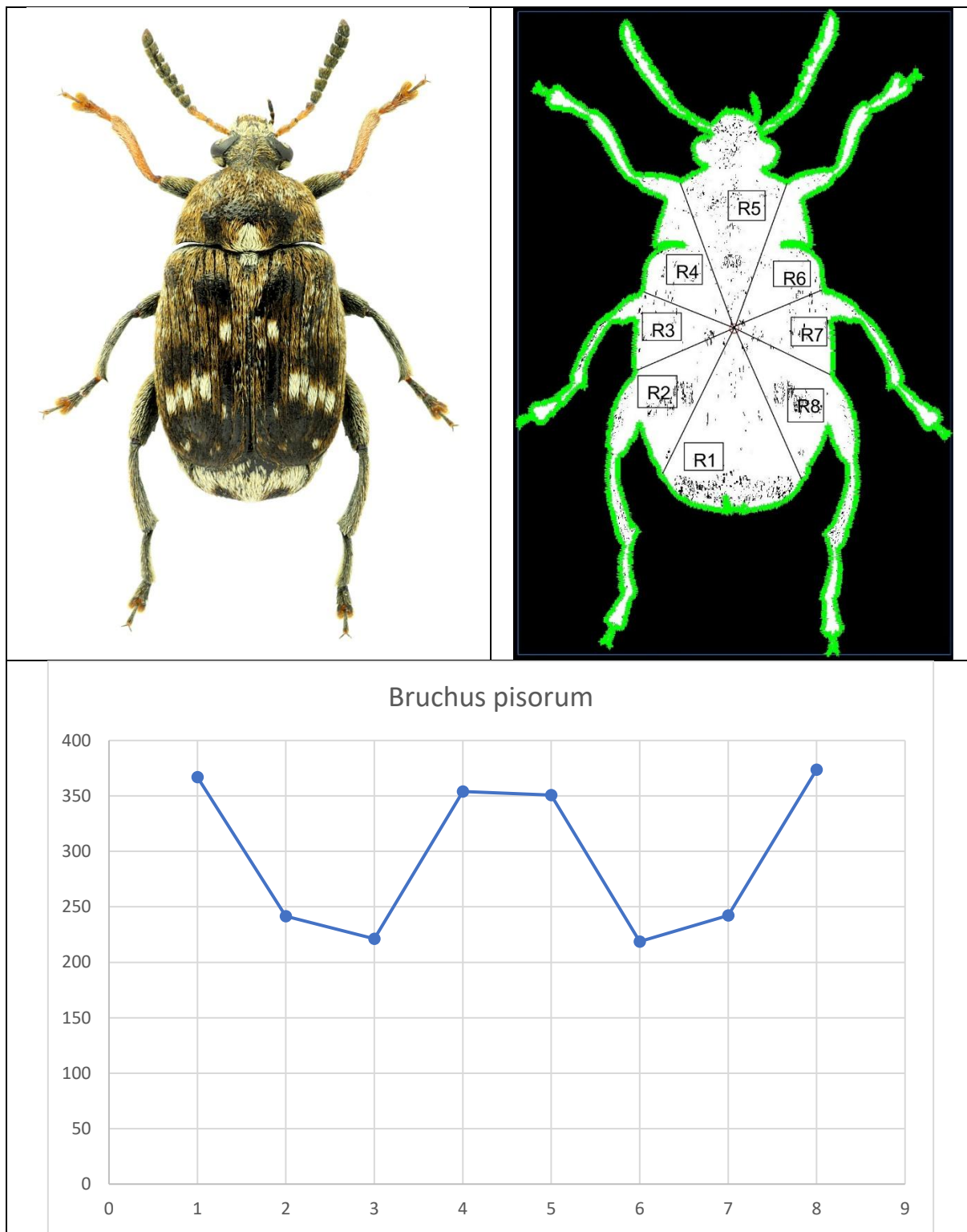
Εικόνα 4: *Agriotes spp*



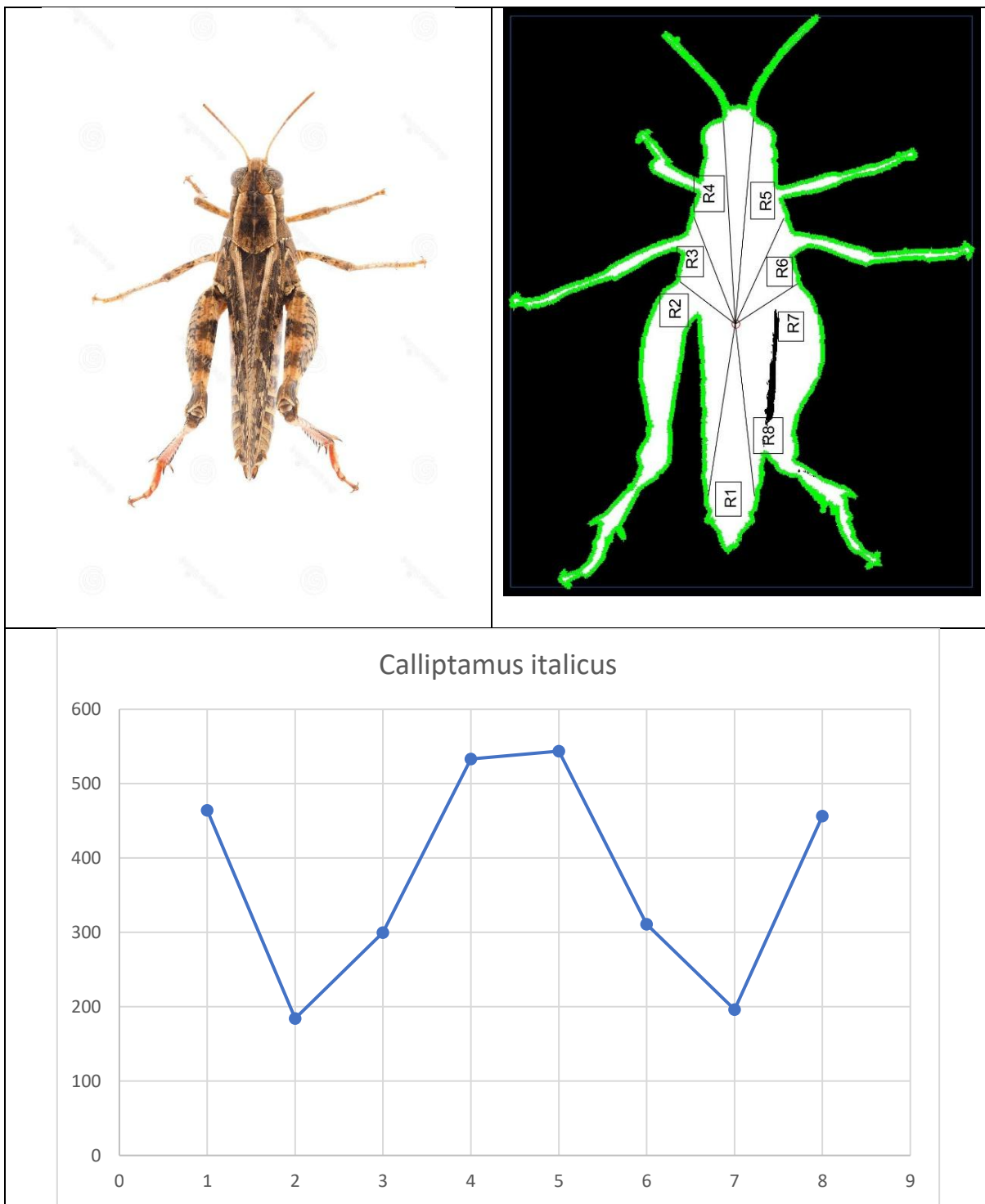
Εικόνα 5: Anthonomus pomorum



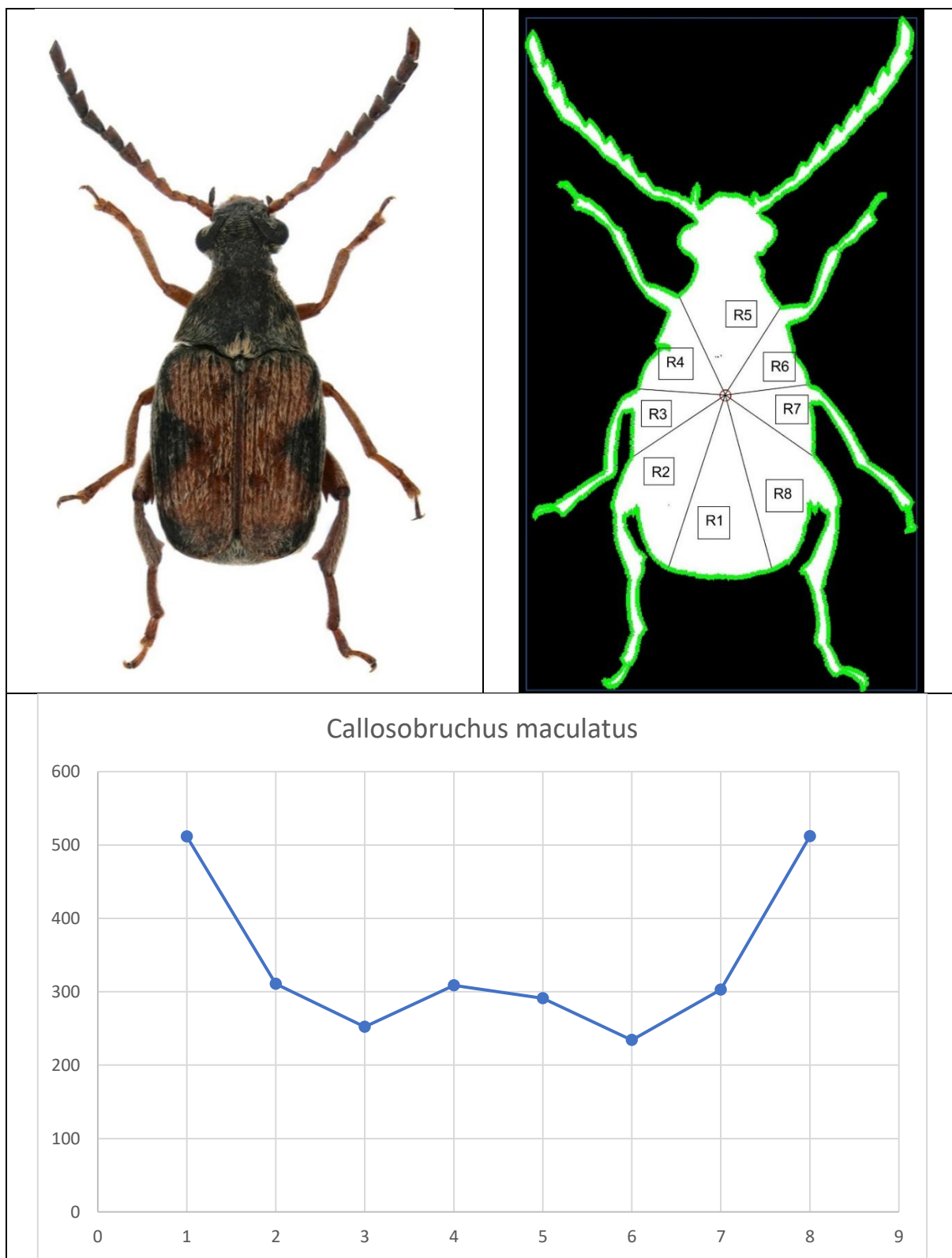
Εικόνα 6: Aphis pomi



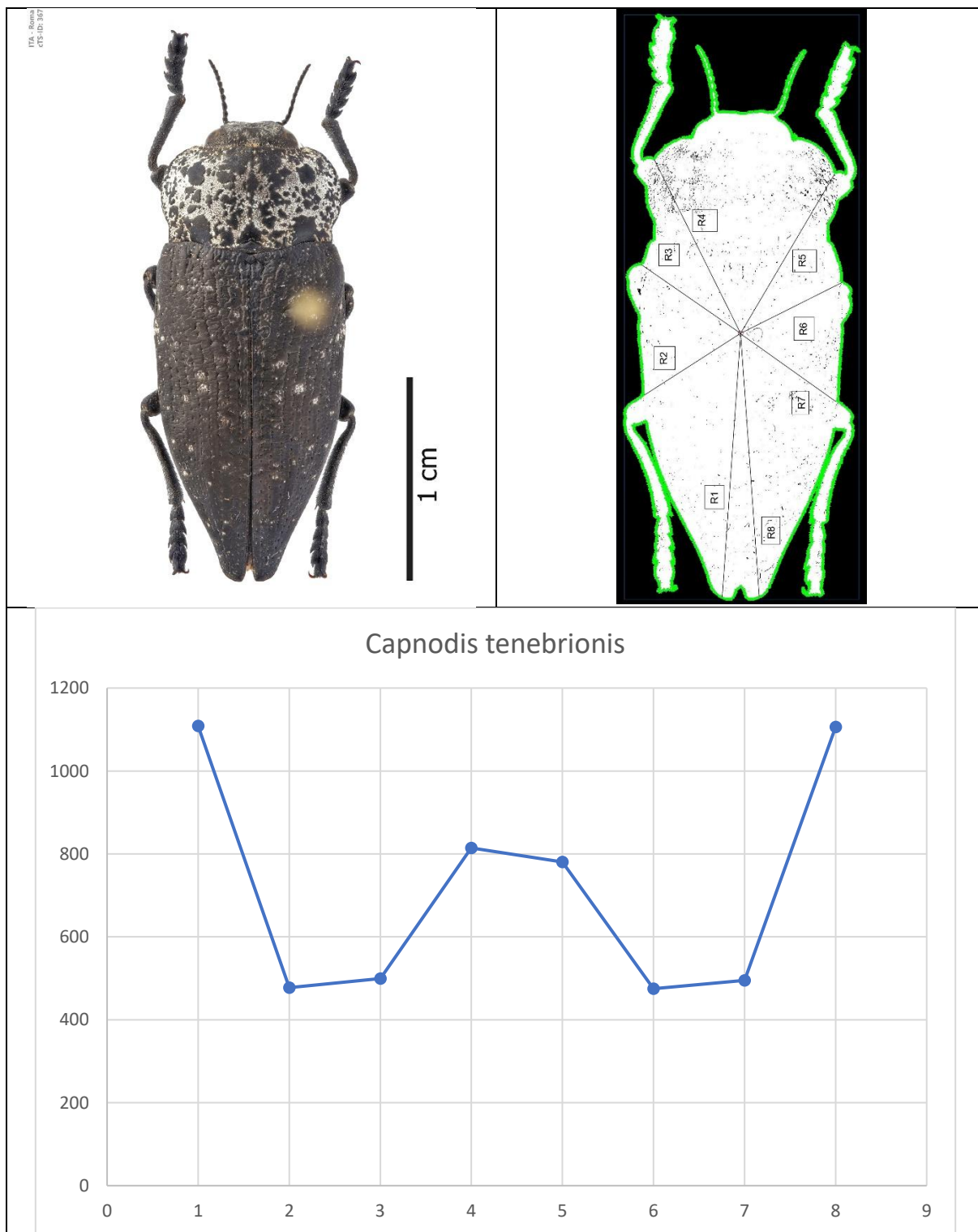
Εικόνα 7: Bruchus pisorum



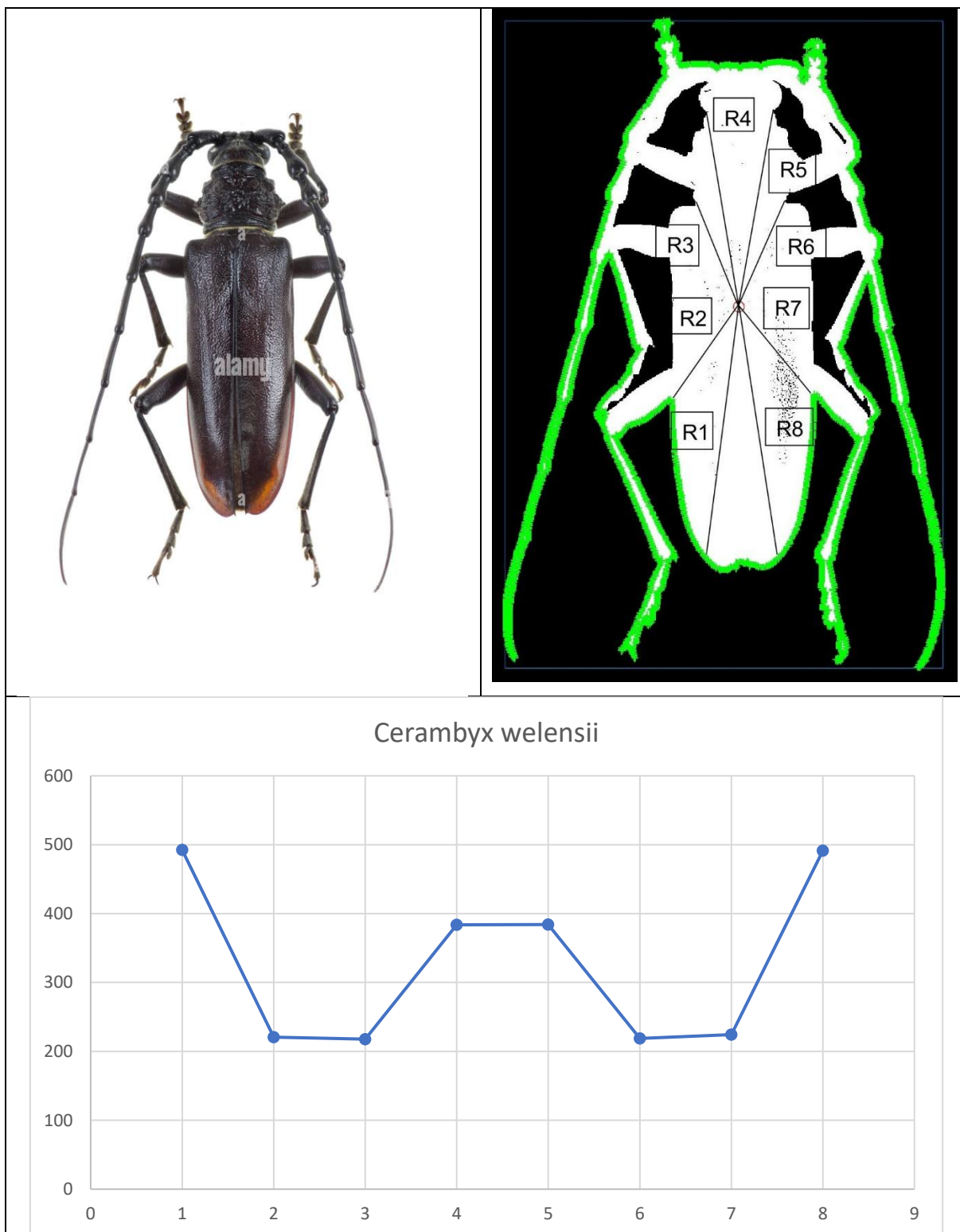
Εικόνα 8: *Calliptamus italicus*



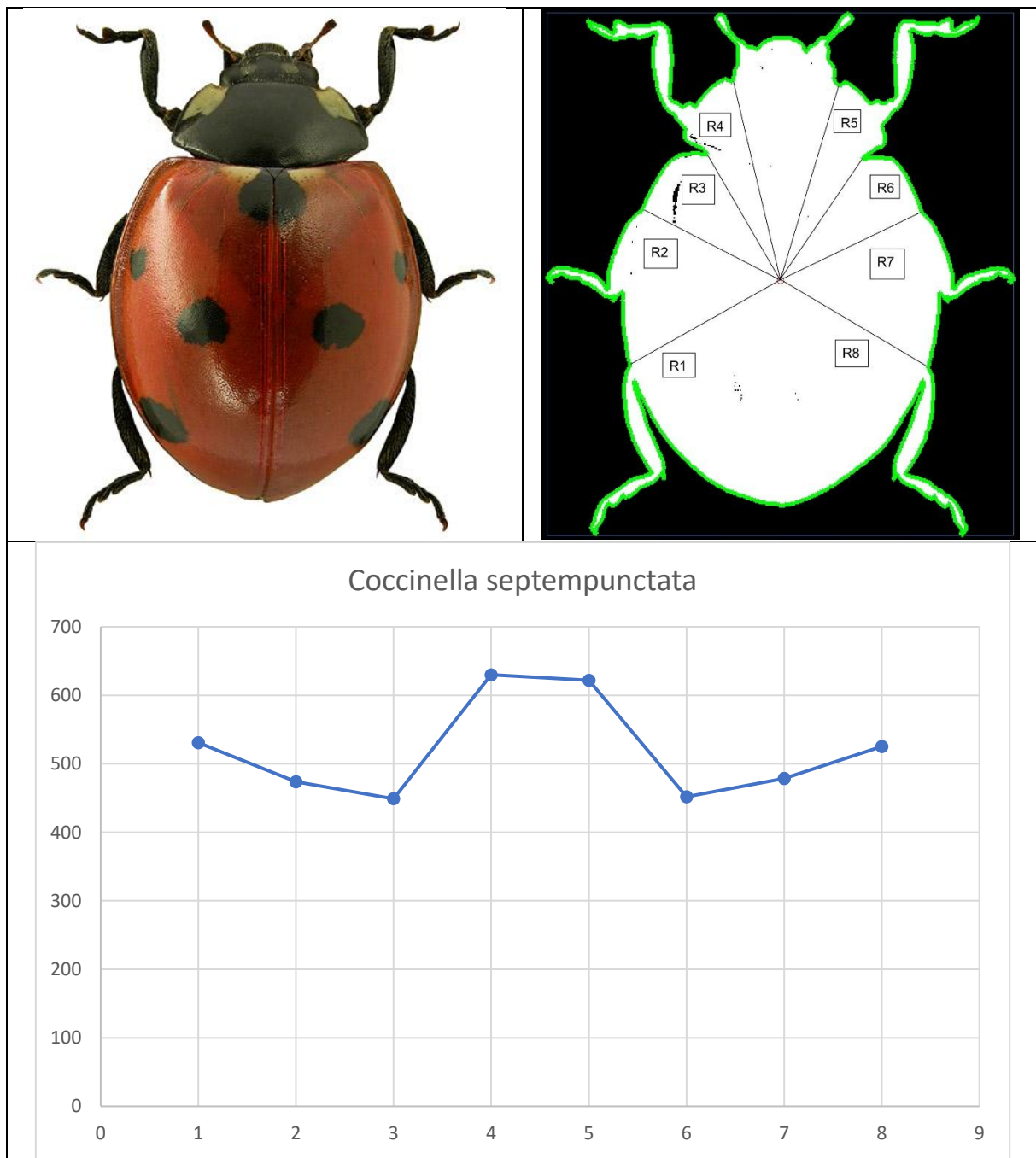
Εικόνα 9: *Callosobruchus maculatus*



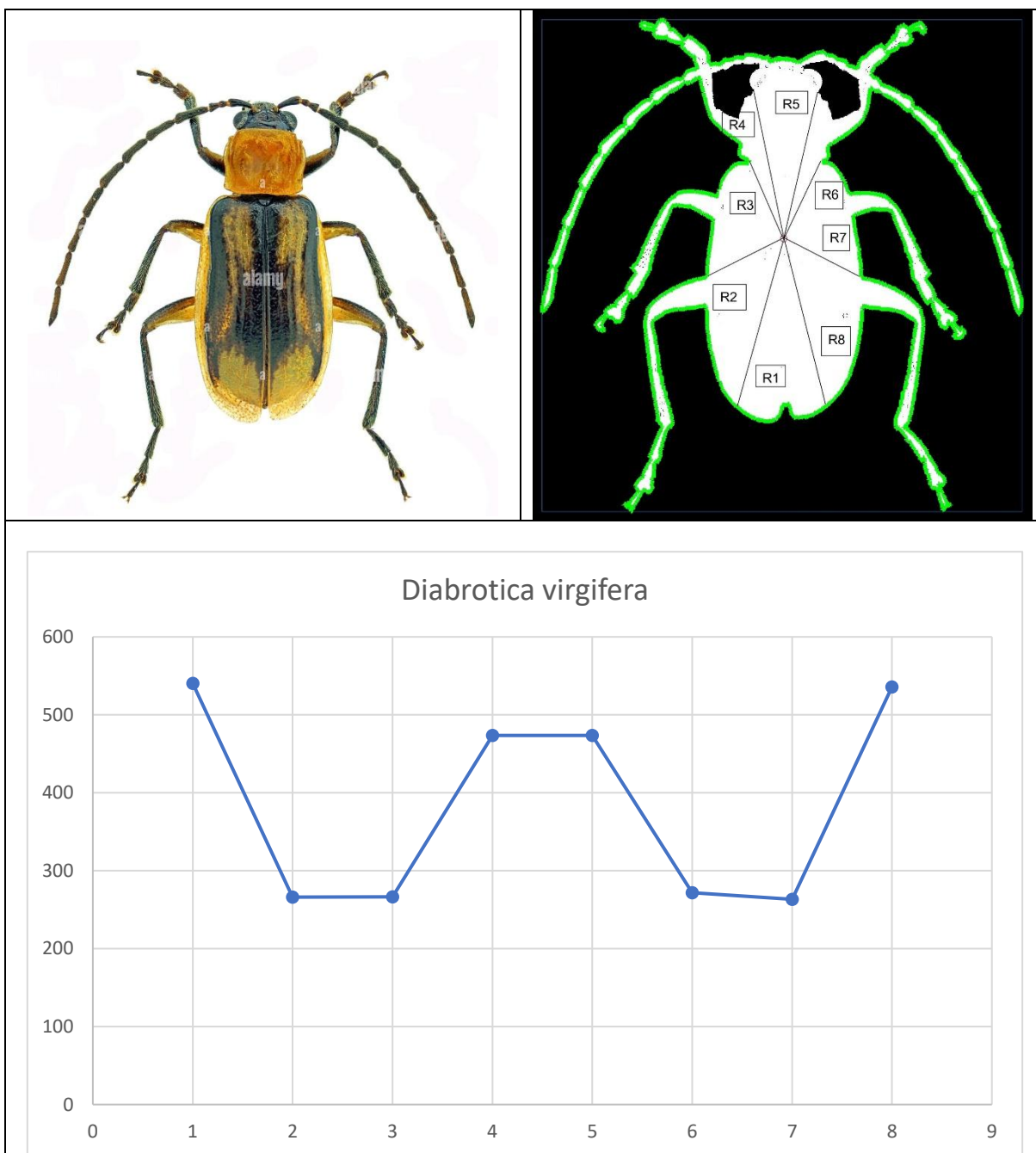
Εικόνα 10: *Capnodis tenebrionis*



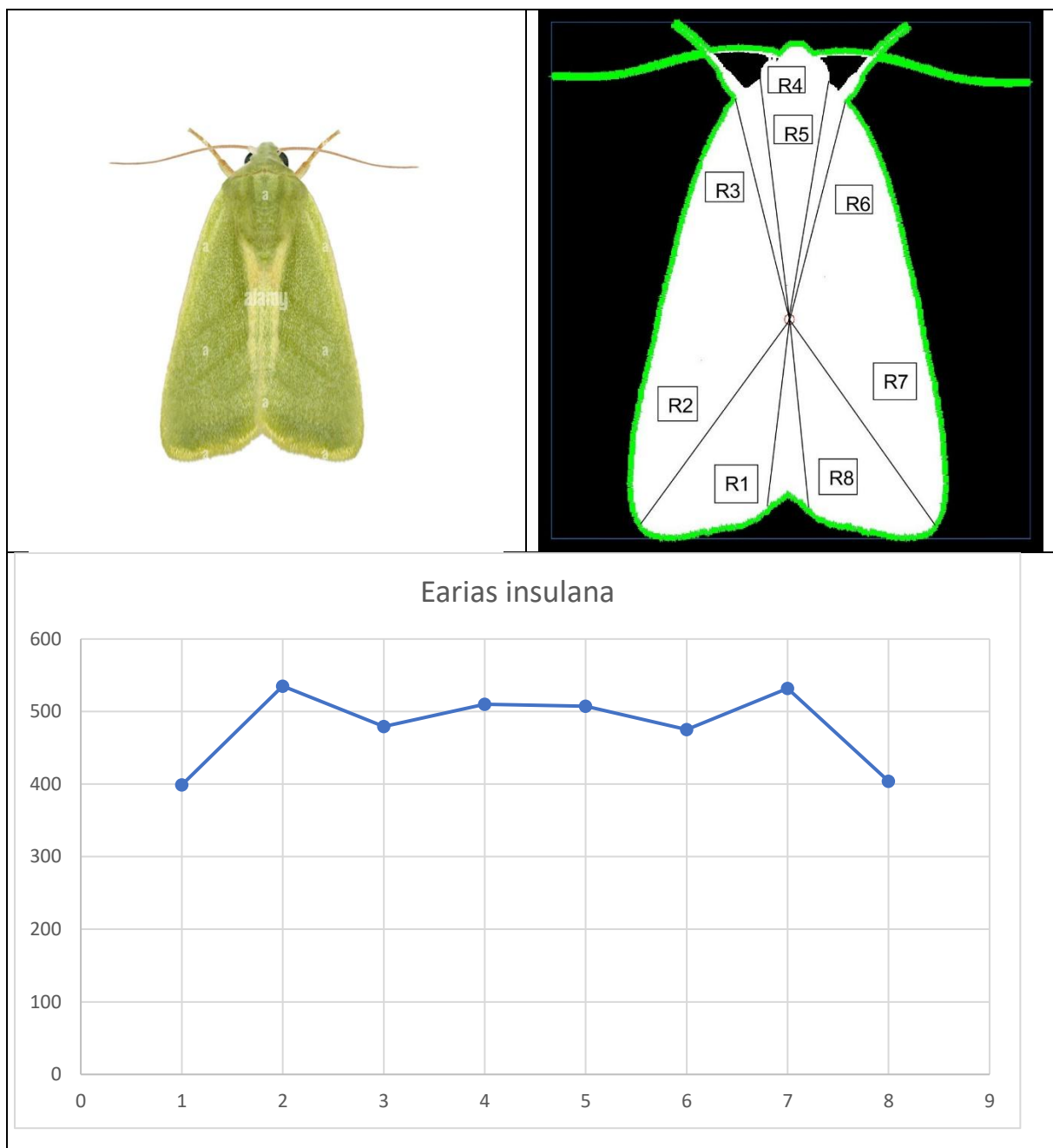
Εικόνα 11: *Cerambyx welensii*



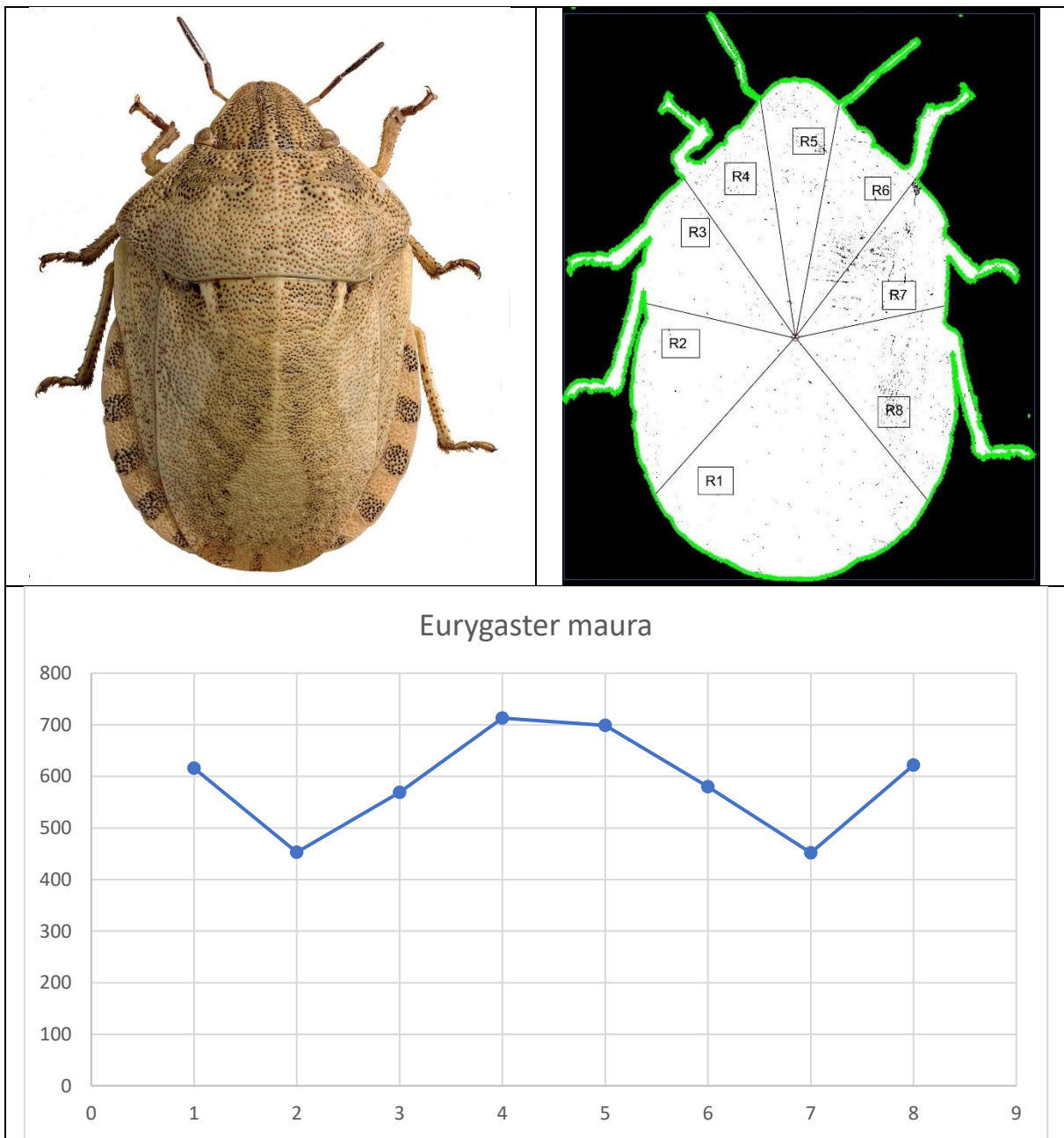
Εικόνα 12: *Coccinella septempunctata*



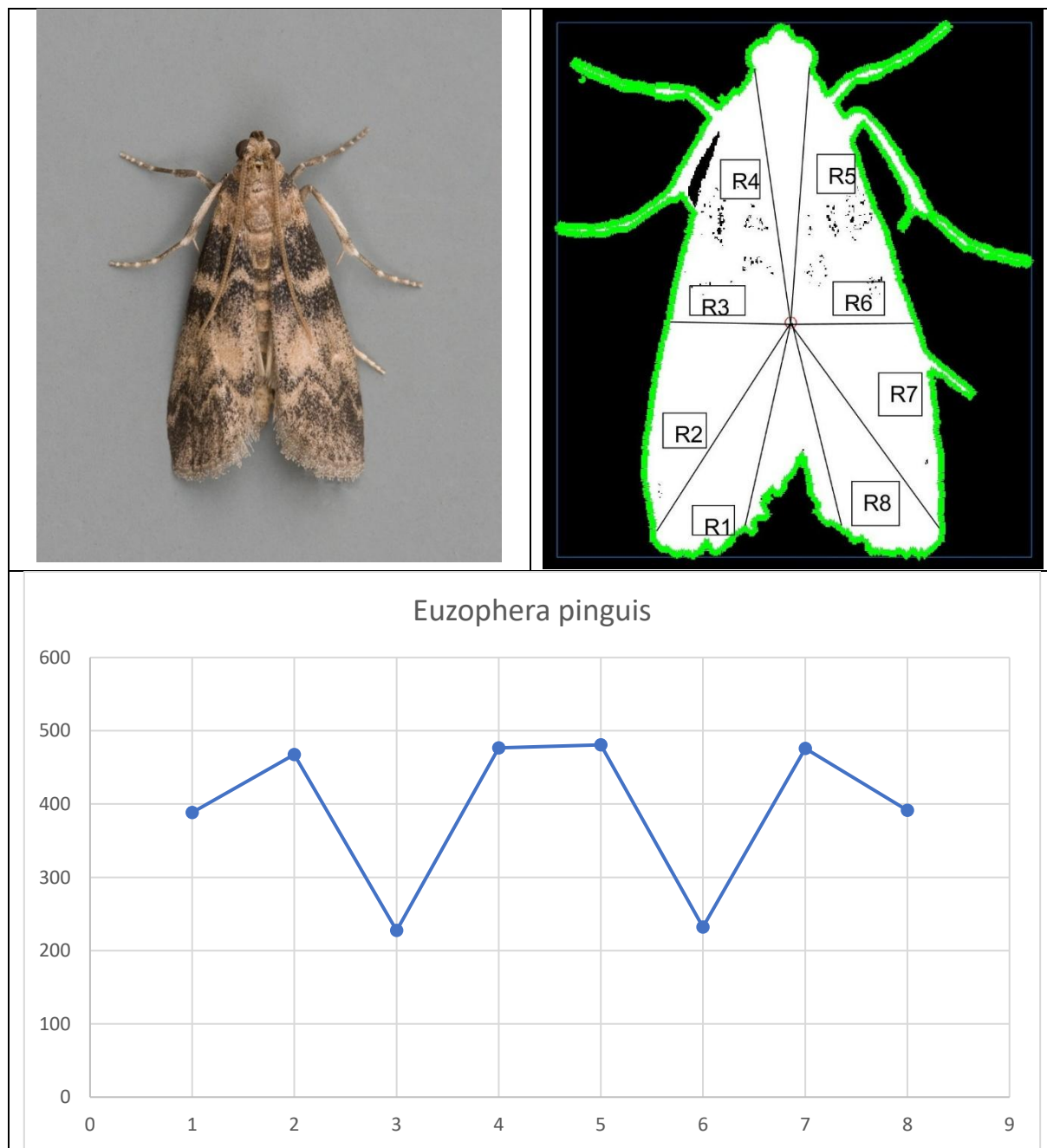
Εικόνα 13: *Diabrotica virgifera*



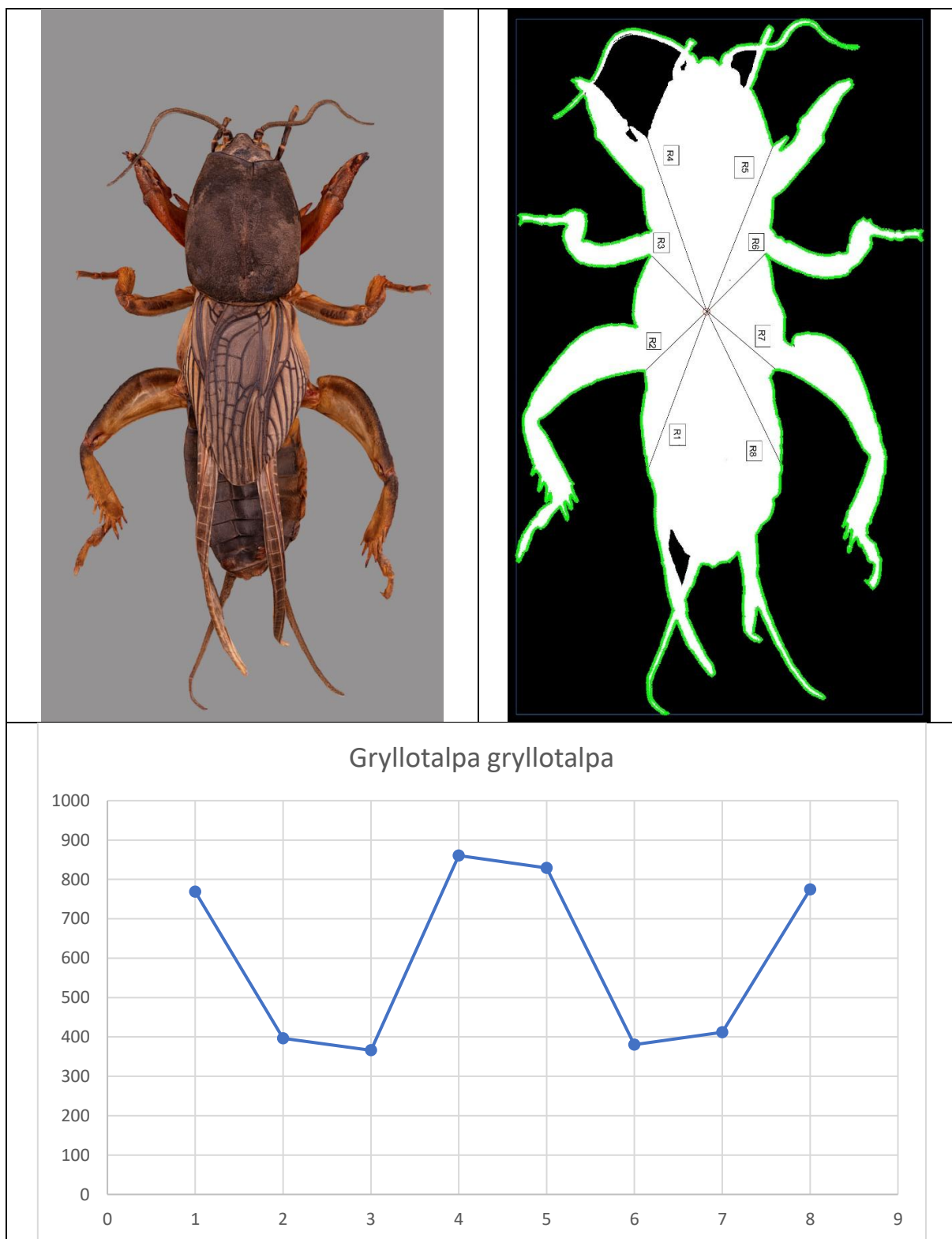
Εικόνα 14: *Earias insulana*



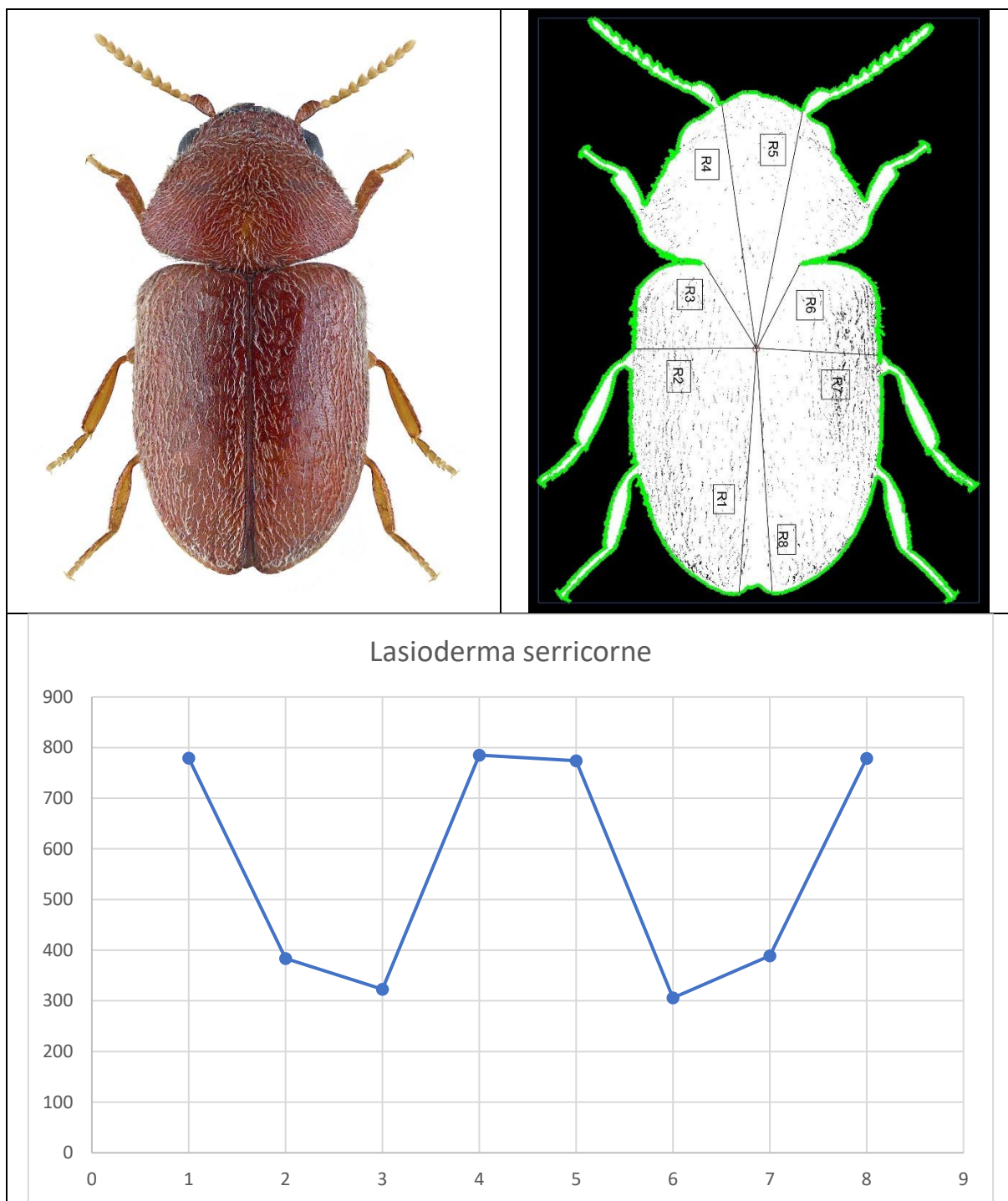
Εικόνα 15: *Eurygaster maura*



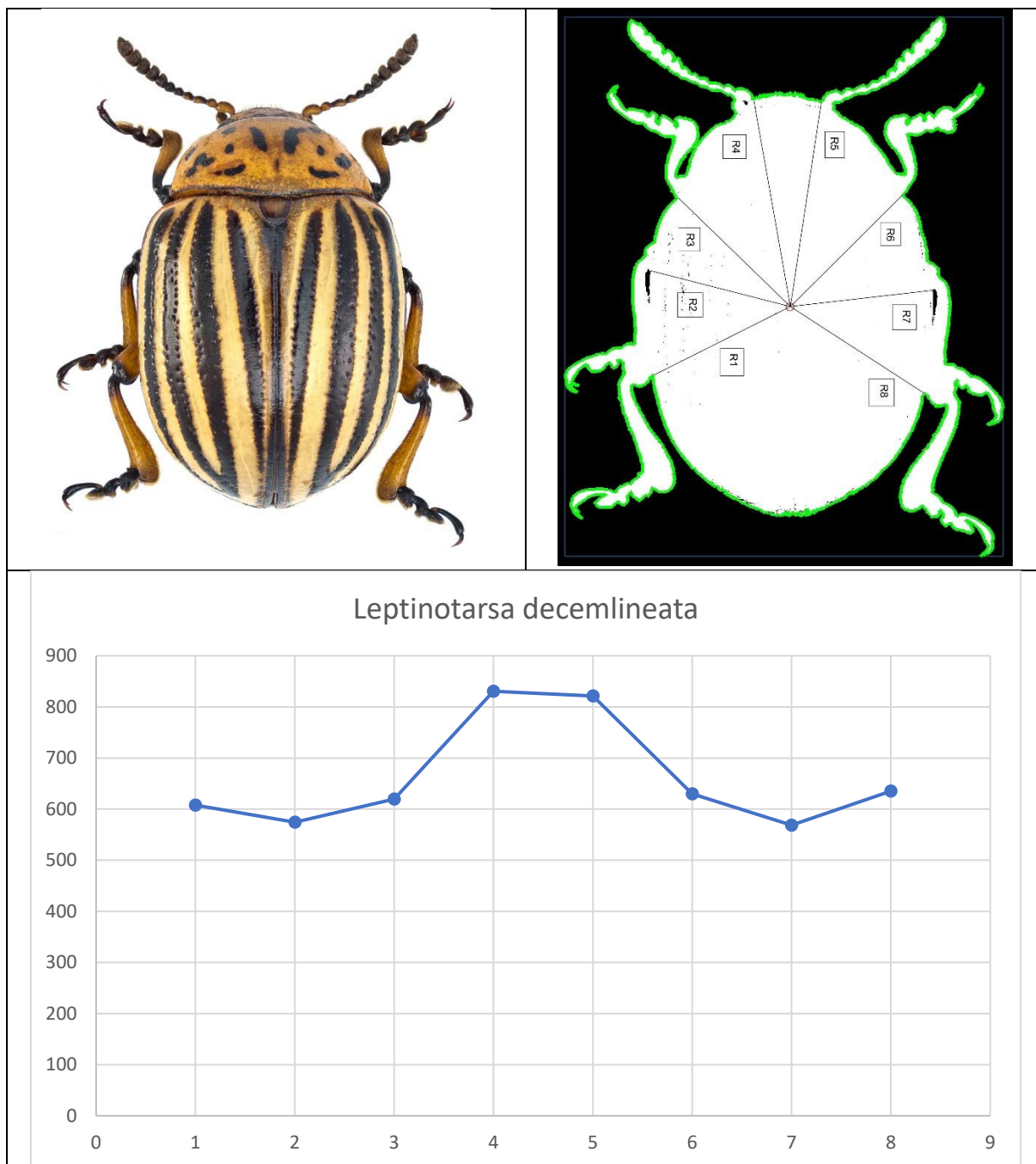
Εικόνα 16: *Euzophera pinguis*



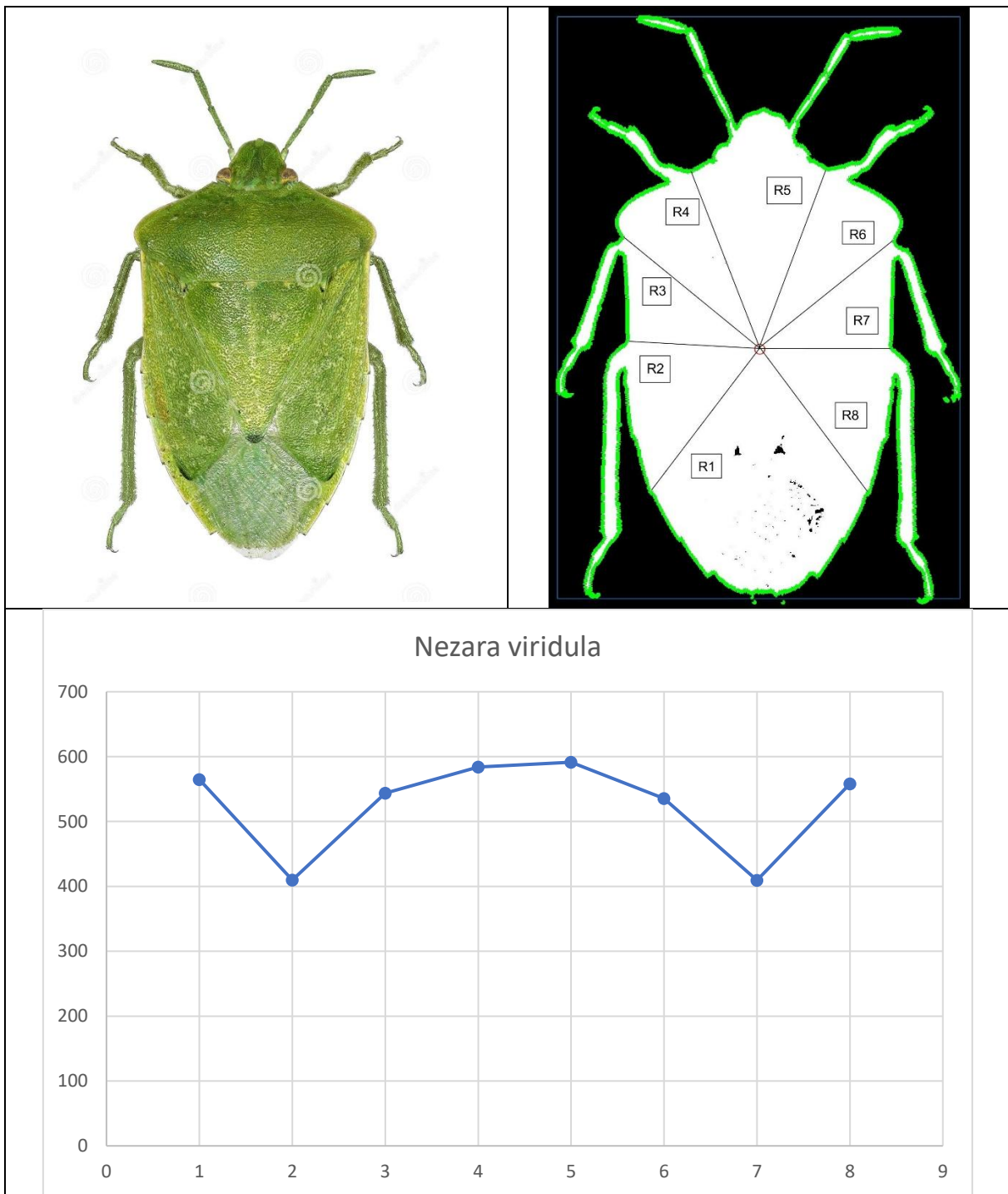
Εικόνα 17: *Gryllotalpa gryllotalpa*



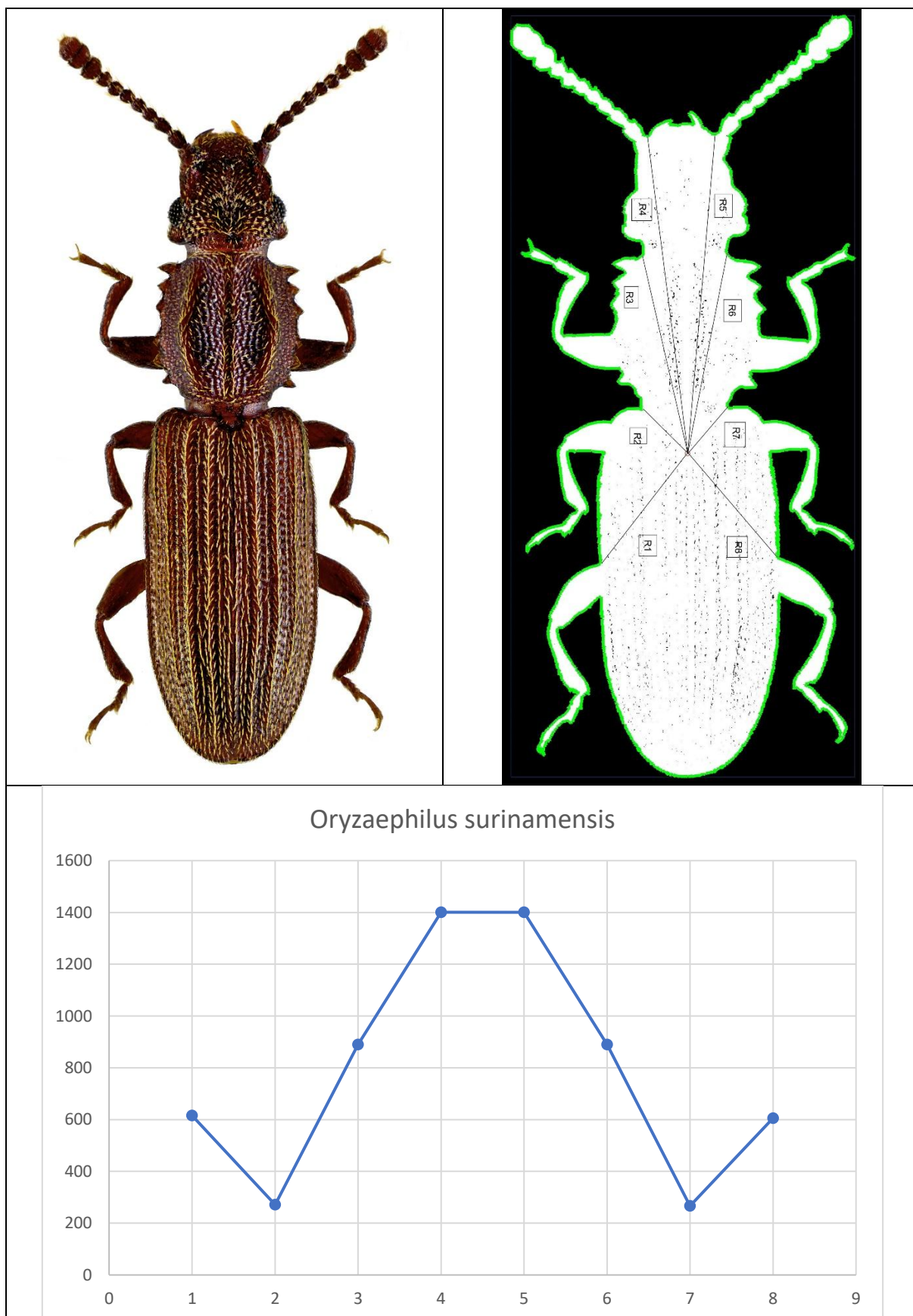
Εικόνα 18: *Lasioderma serricorne*



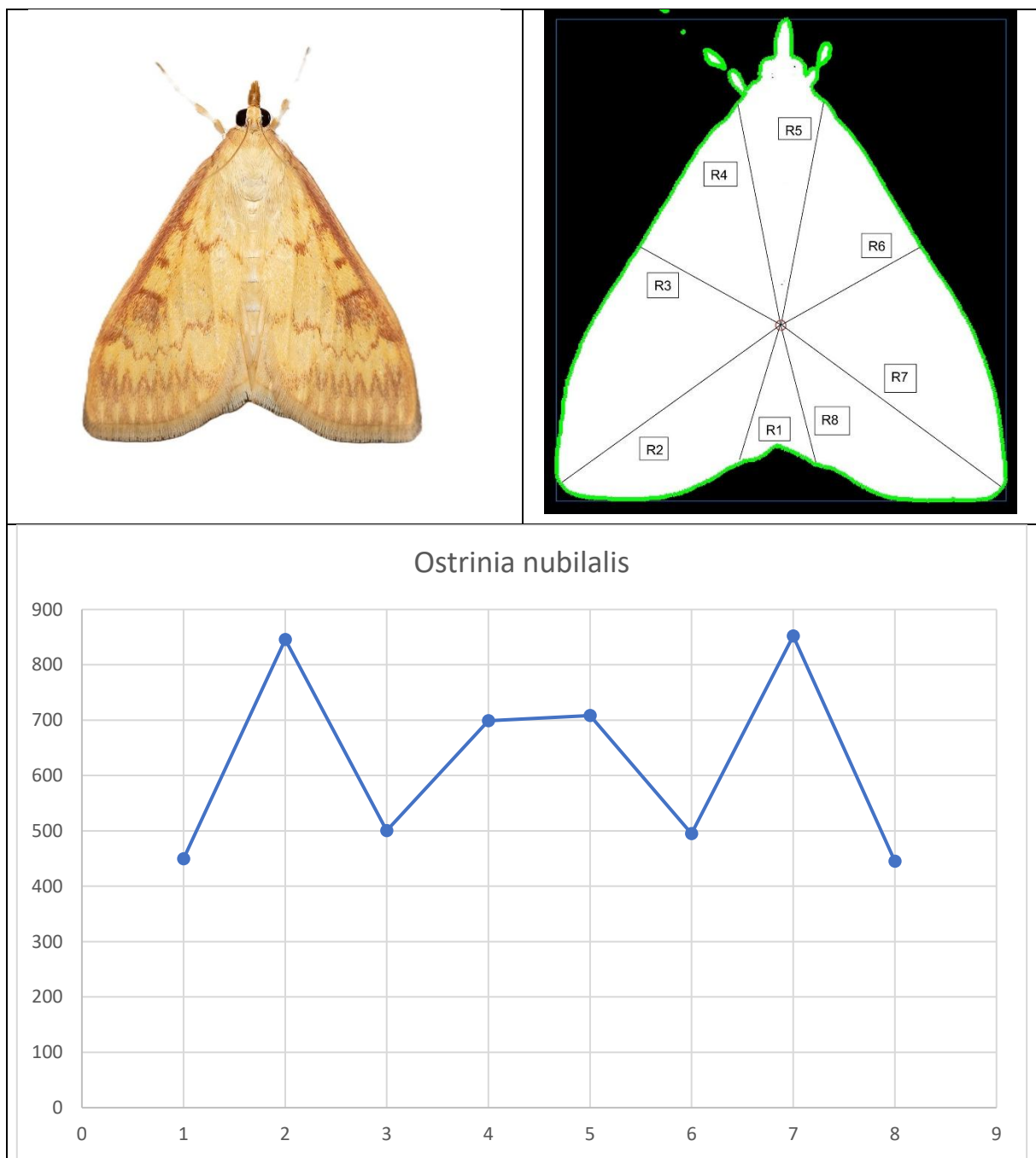
Εικόνα 19: *Leptinotarsa decemlineata*



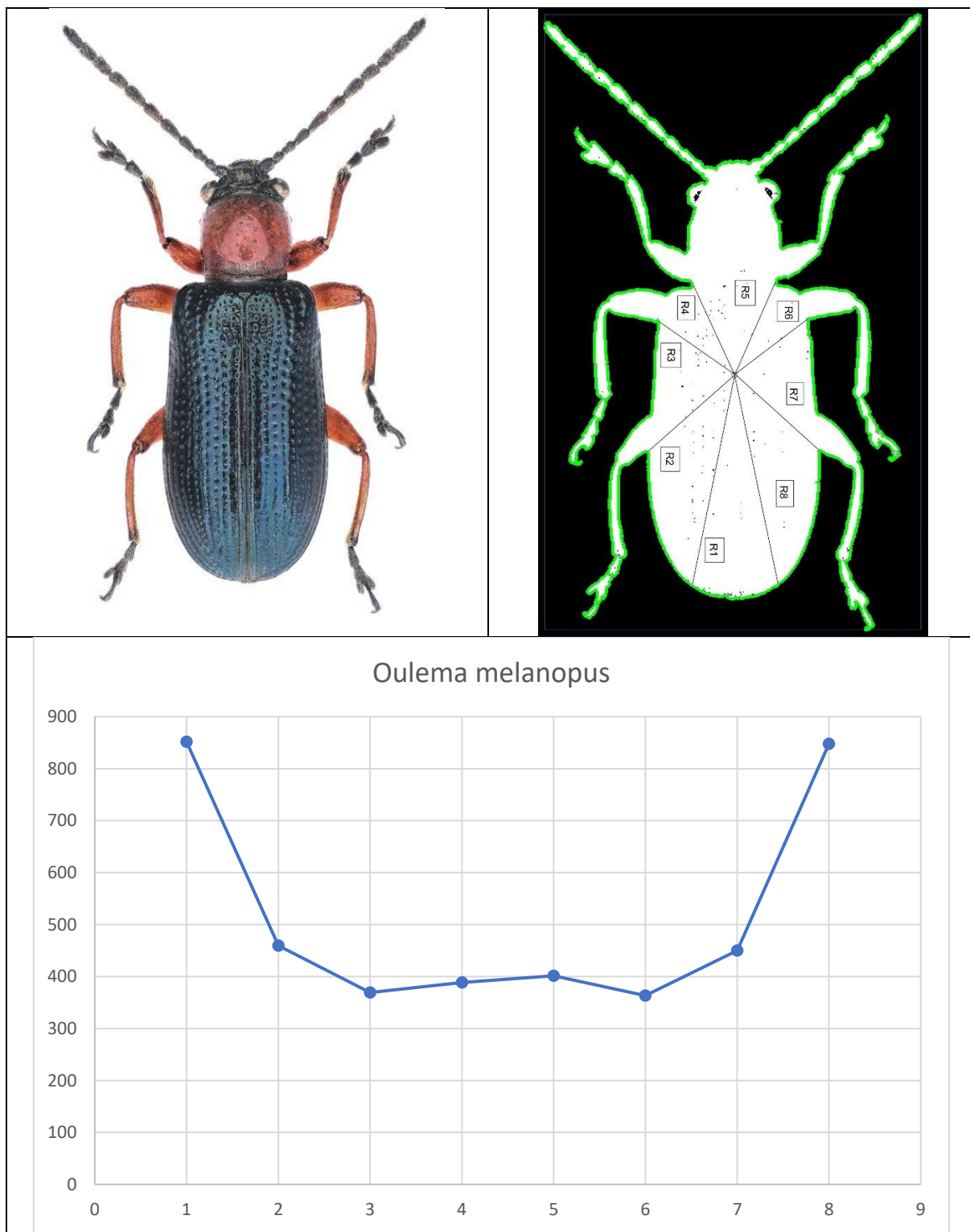
Εικόνα 20: *Nezara viridula*



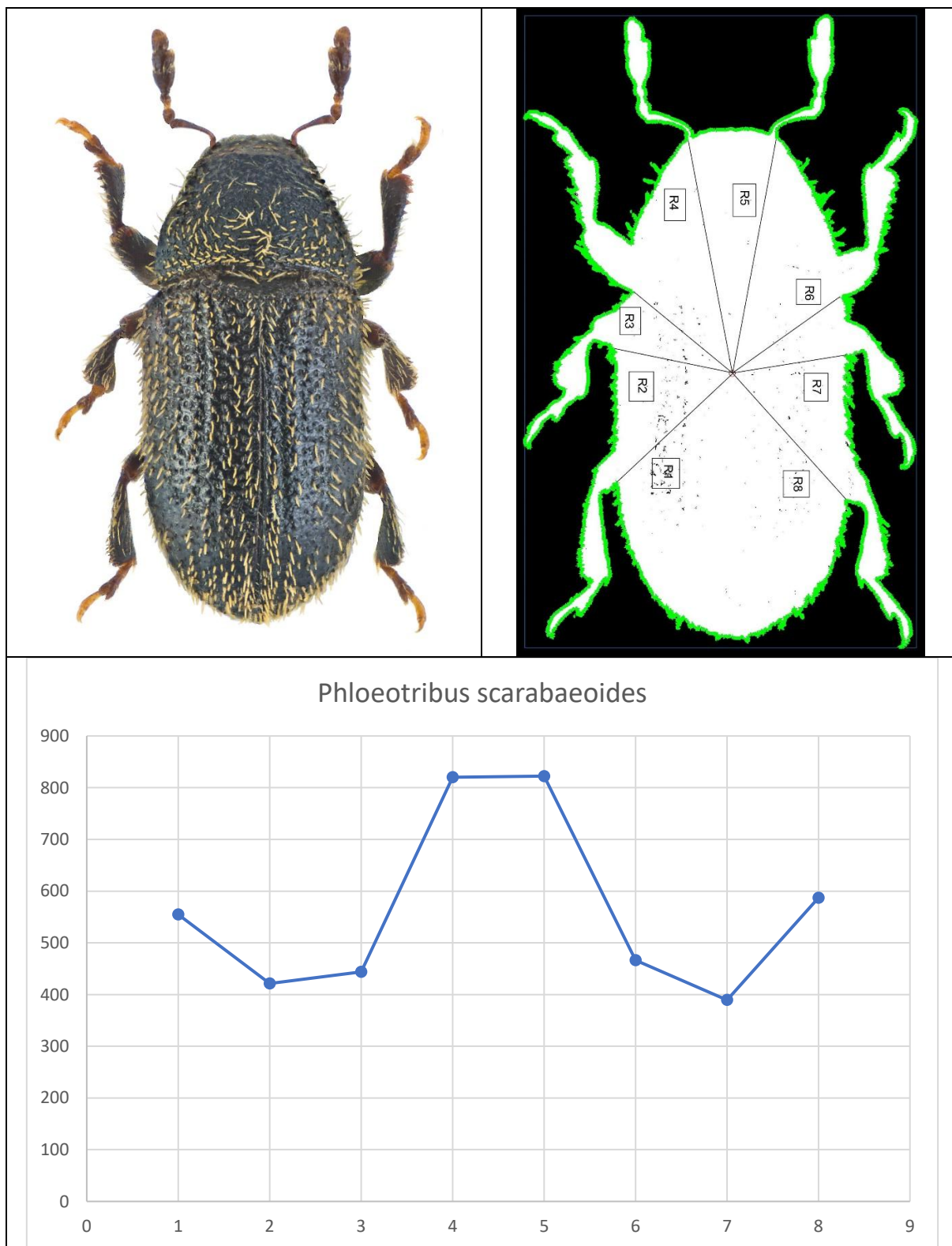
Εικόνα 21: *Oryzaephilus surinamensis*



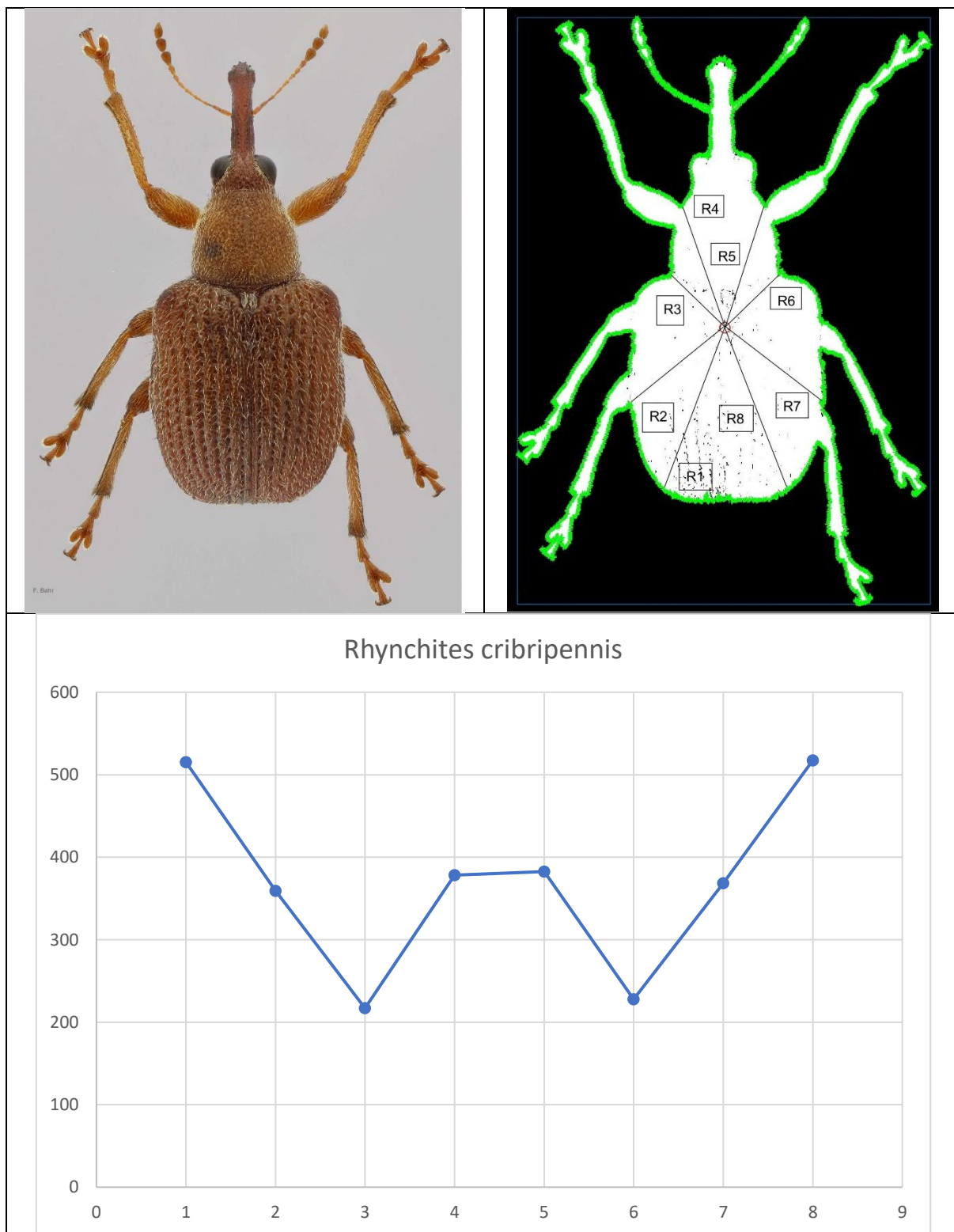
Εικόνα 22: *Ostrinia nubilalis*



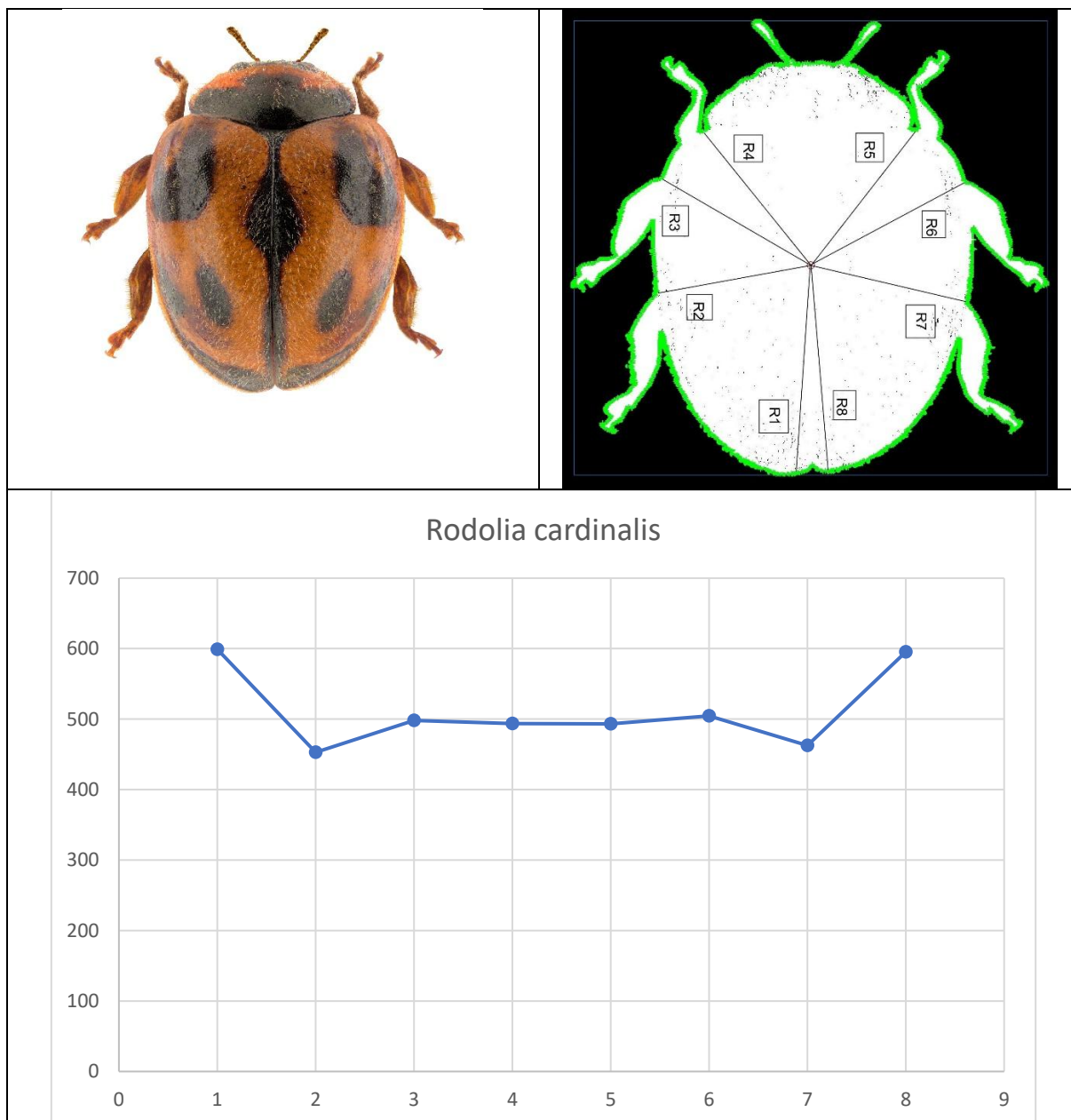
Εικόνα 23: *Oulema melanopus*



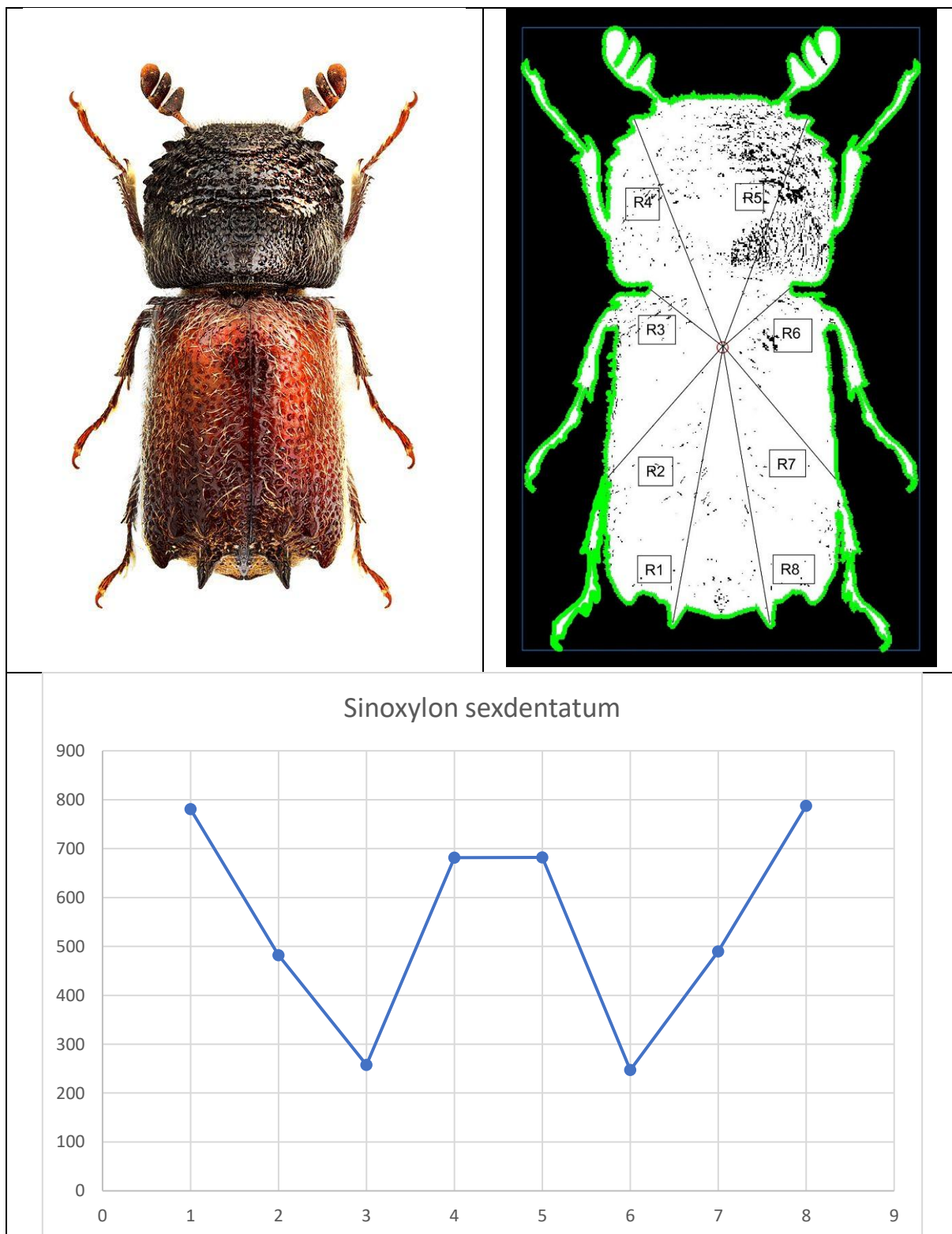
Εικόνα 24: *Phloeotribus scarabaeoides*



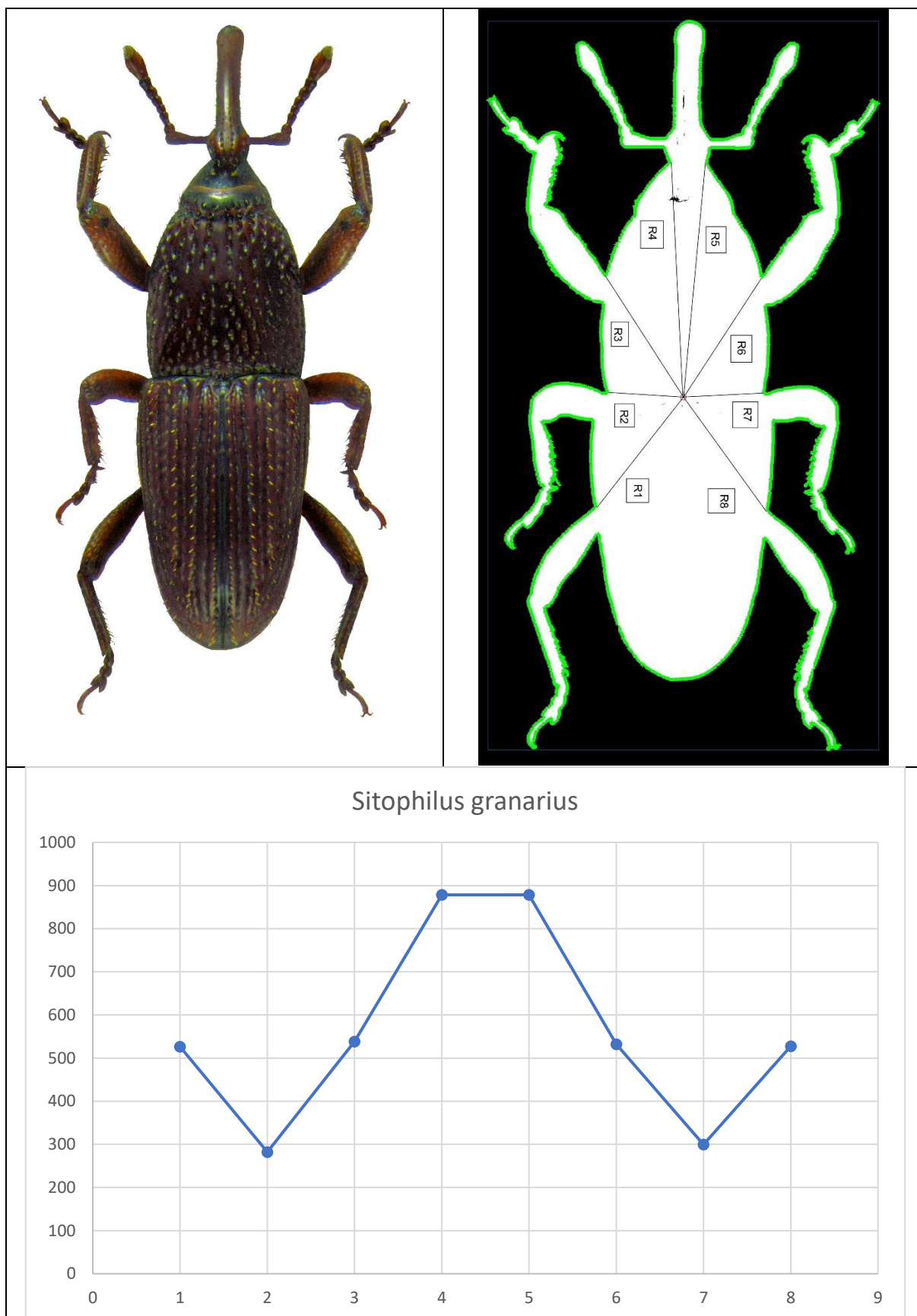
Εικόνα 25: *Rhynchites cribripennis*



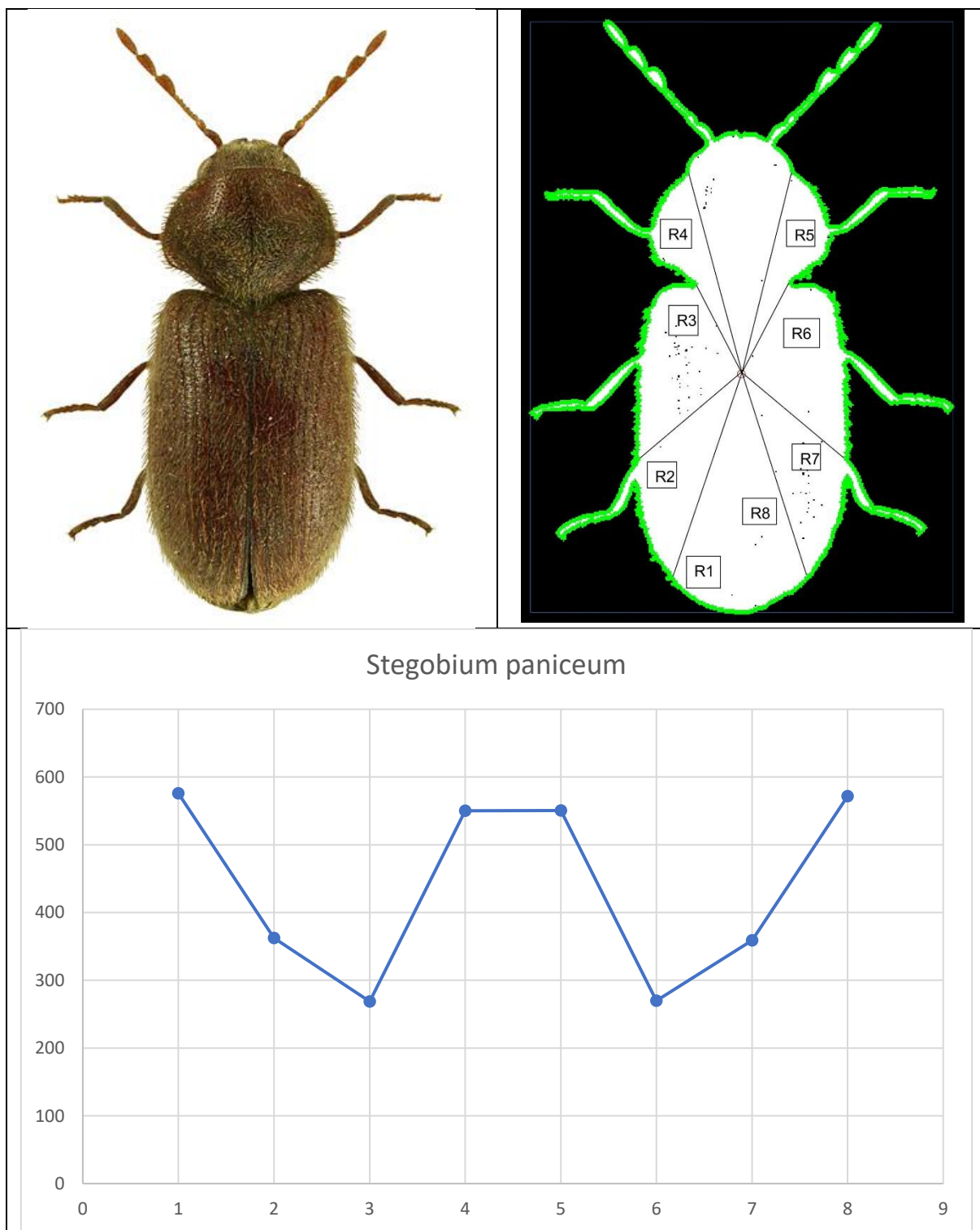
Εικόνα 26: *Rodolia cardinalis*



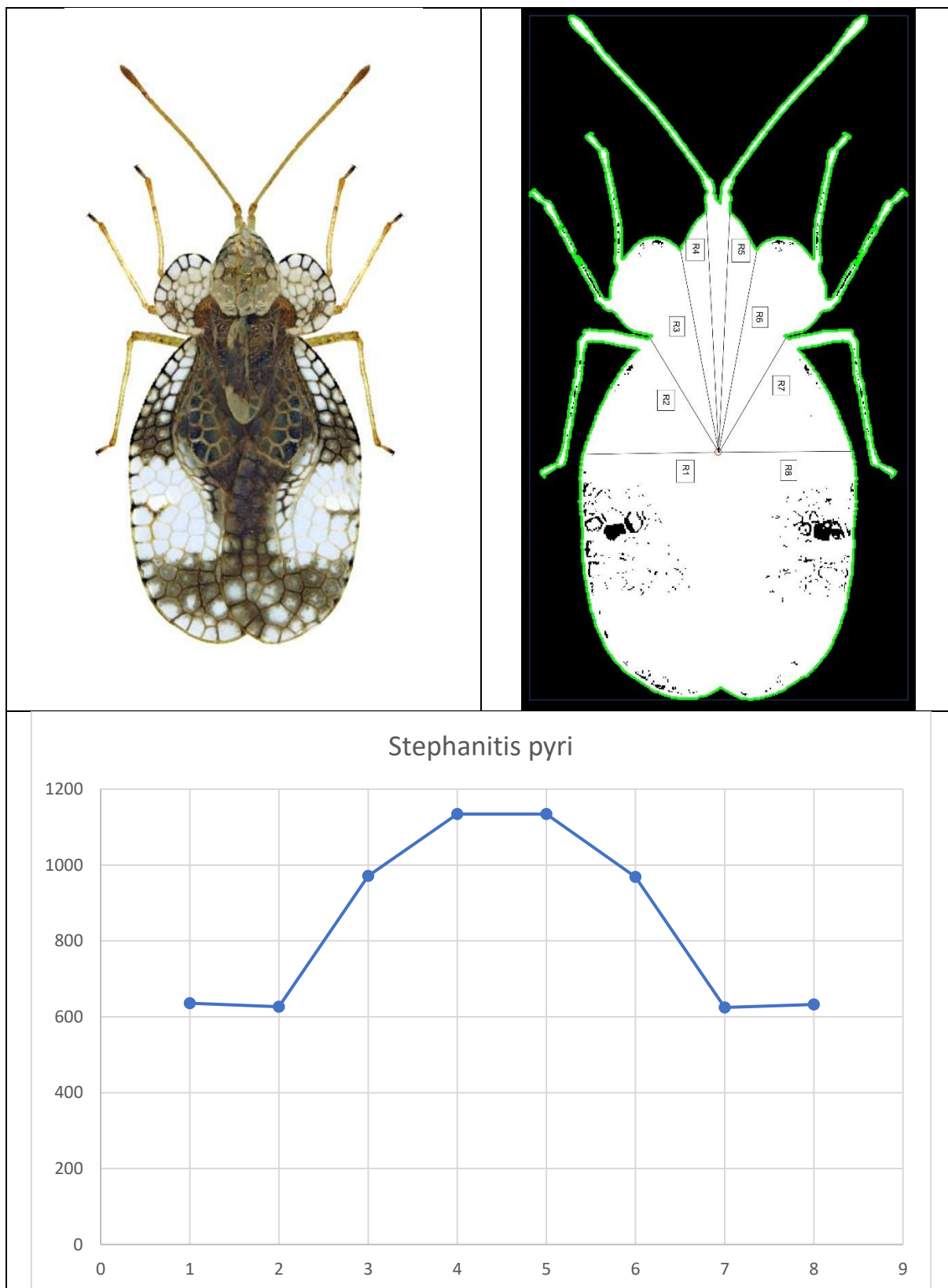
Εικόνα 27: *Sinoxylon sexdentatum*



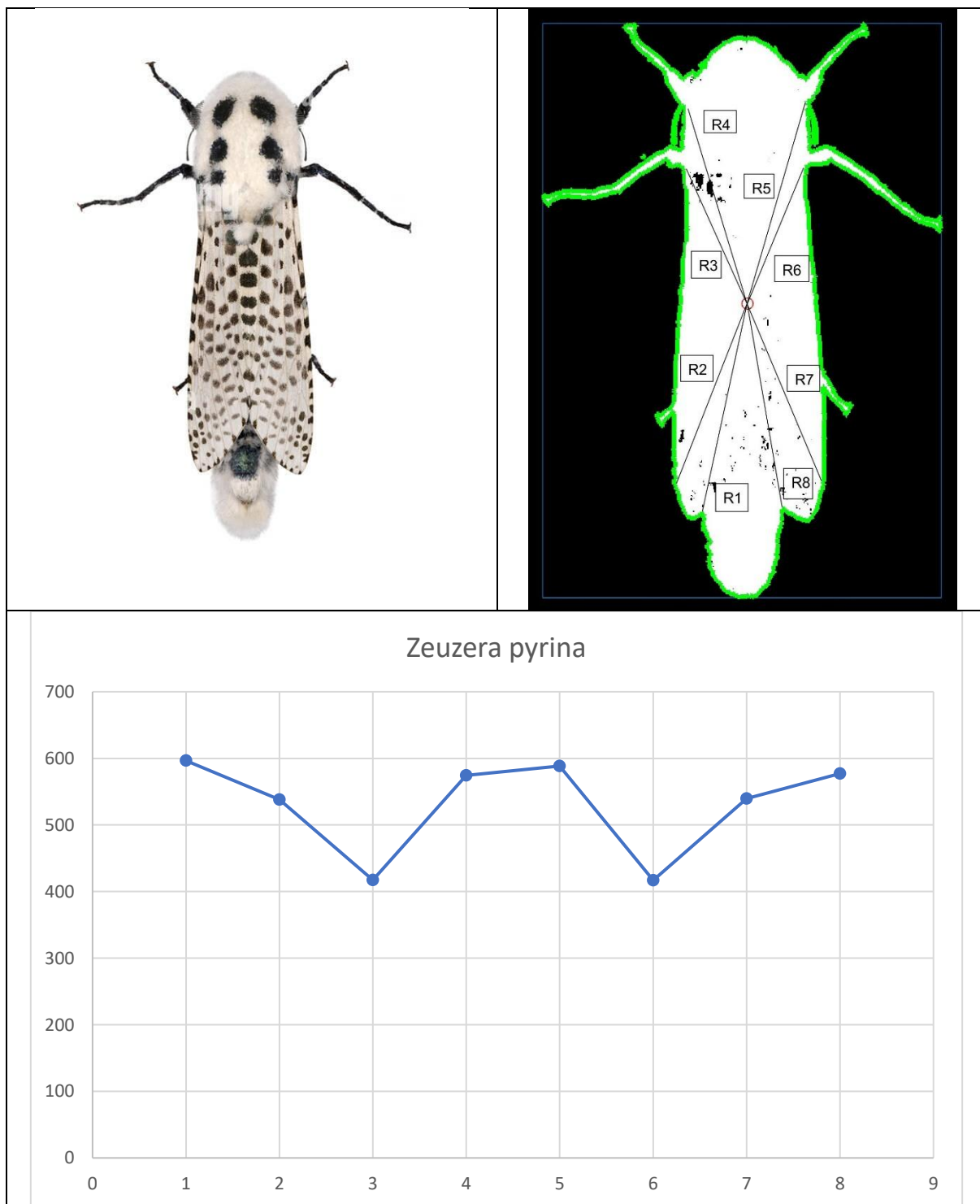
Εικόνα 28: *Sitophilus granarius*



Εικόνα 29: *Stegobium paniceum*

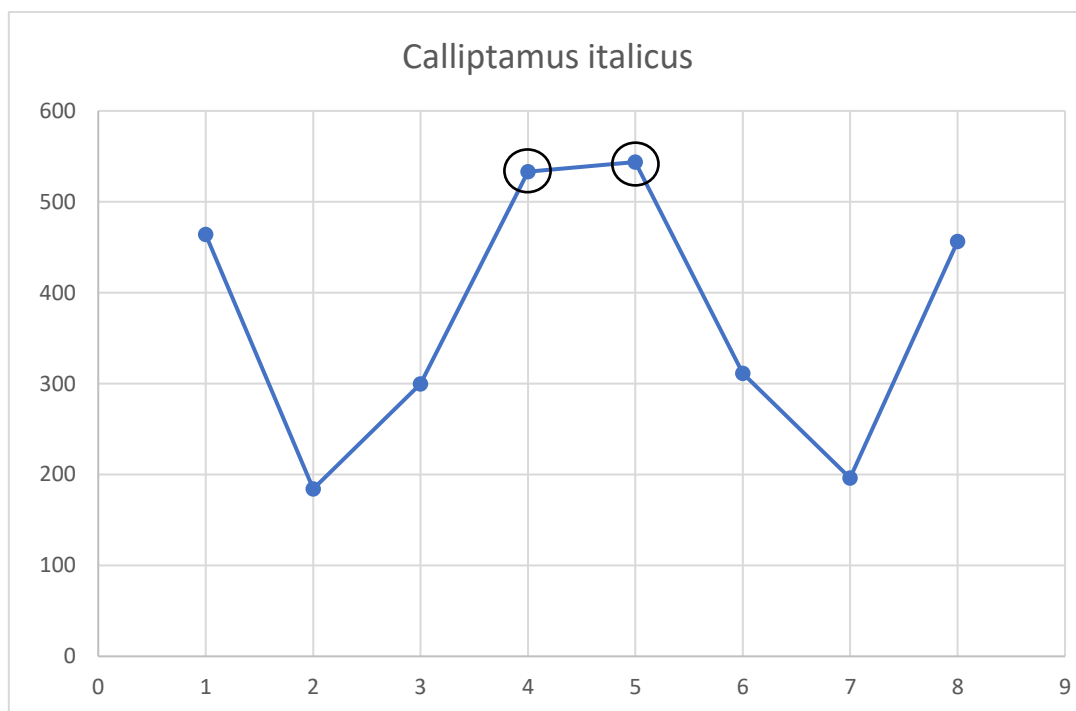


Εικόνα 30: *Stephanitis pyri*



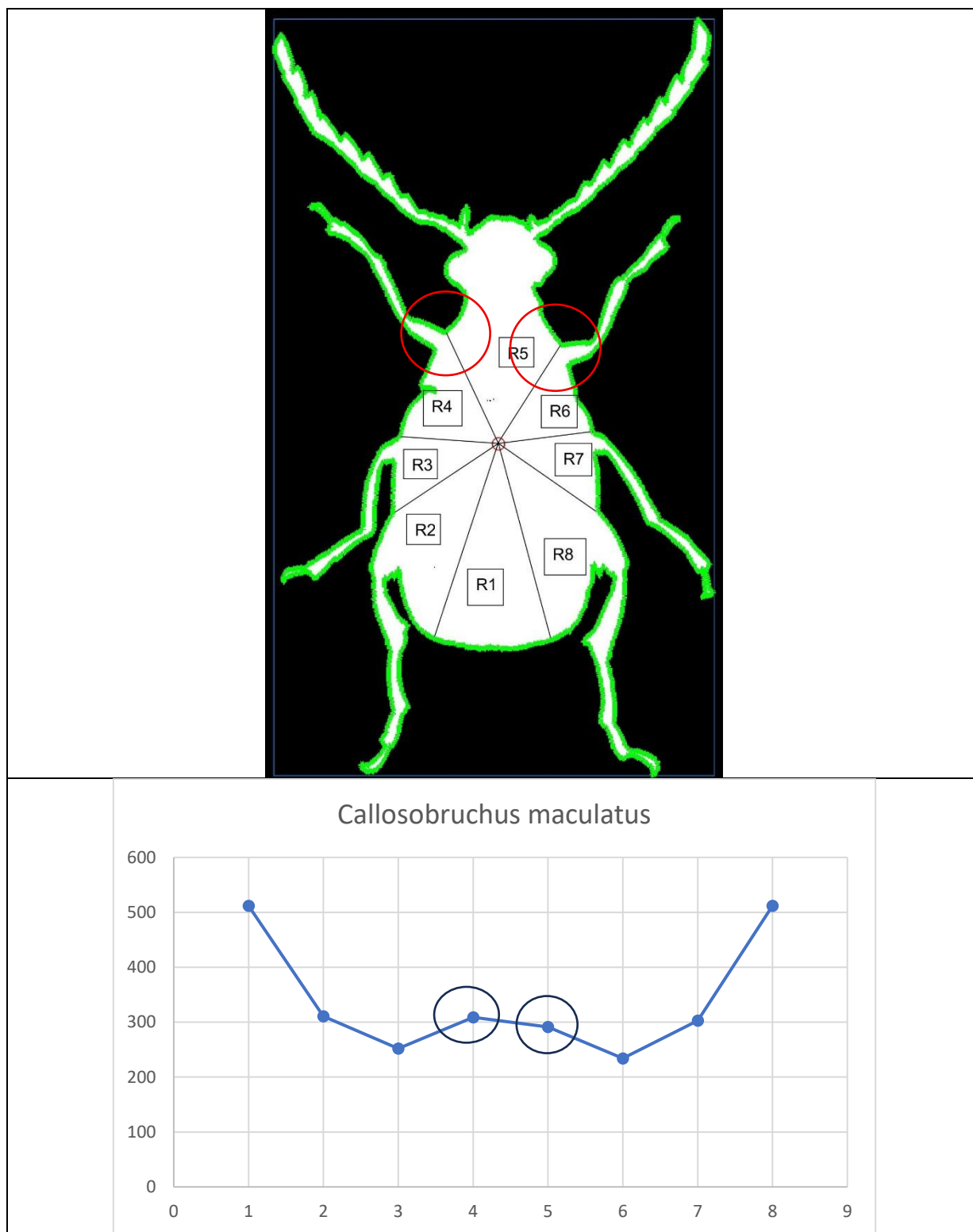
Εικόνα 31: *Zeuzera pyrina*

Πρέπει να αναφερθεί ότι οι γραμμές που συνδέουν το κέντρο βάρους με τα σημεία κλειδιά του περιγράμματος παρόλο που ορίστηκαν όσο το δυνατόν πιο συμμετρικά, κάποιες από αυτές όμως δεν φαίνεται να είναι απόλυτα συμμετρικές, όπως για παράδειγμα στο έντομο *Calliptamus italicus* το σημείο R4 είναι λίγο πιο κάτω από το σημείο R5 (Εικόνα 32).



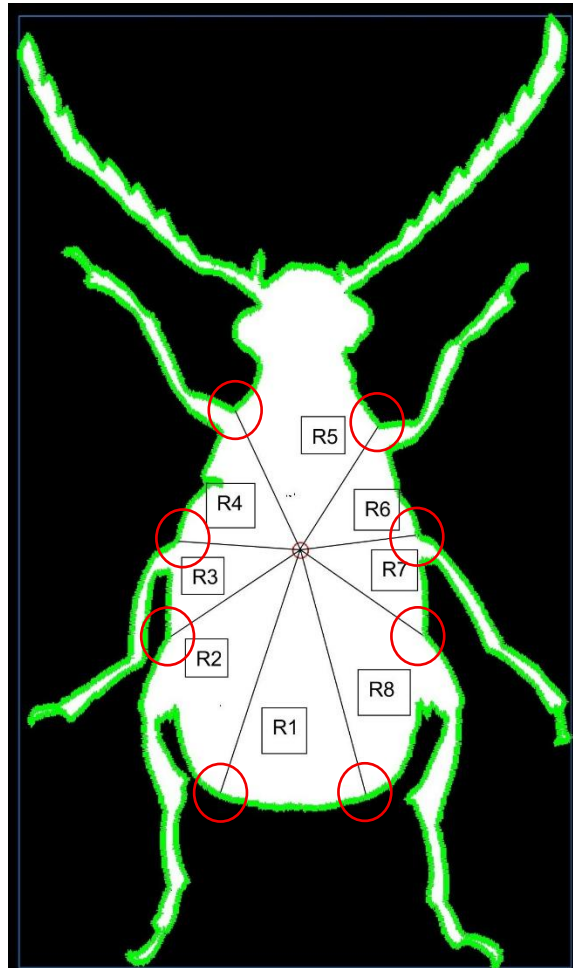
Εικόνα 32: Μικρή ασυμμετρία ψηφιακής υπογραφής εντόμου *Calliptamus italicus* λόγω σφάλματος κατά τον ορισμό των γραμμών που συνδέουν το κέντρο βάρους με τα σημεία κλειδιά του περιγράμματος.

Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις η ασυμμετρία της ψηφιακής υπογραφής συνδέεται και με την ποιότητα της πηγαίας εικόνας του εντόμου. Για παράδειγμα στην Εικόνα 34 στην ψηφιακή υπογραφή του εντόμου *Callosobruchus maculatus* το σημείο R4 είναι λίγο πάνω από το σημείο R5 και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην πηγαία εικόνα το ένα πόδι του εντόμου δεν είναι συμμετρικό του άλλου.



Εικόνα 33: Μικρή ασυμμετρία ψηφιακής υπογραφής εντόμου *Callosobruchus maculatus* λόγω ασυμμετρίας μεταξύ των ποδιών της πηγαίας εικόνας.

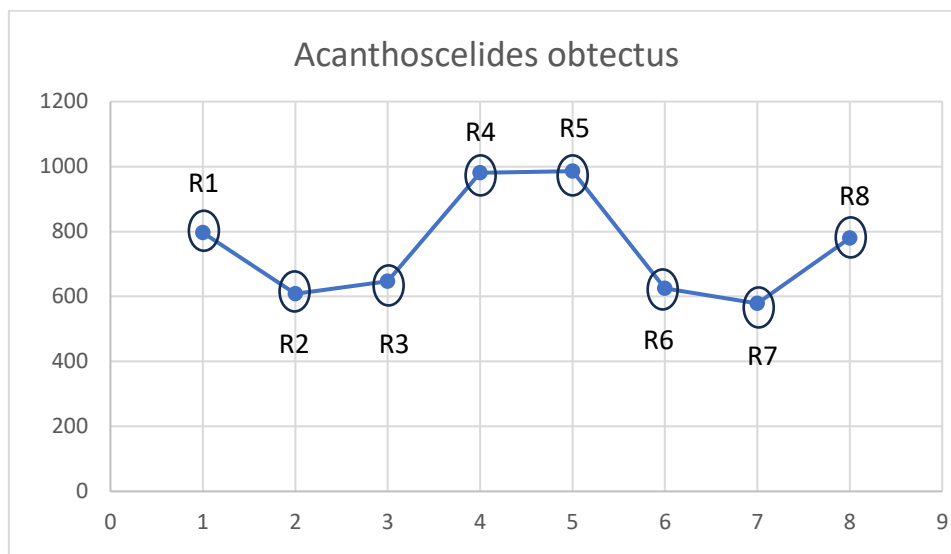
Επίσης, πρέπει να επισημανθεί ότι τα σημεία κλειδιά του περιγράμματος των εντόμων ορίζονται με μια συγκεκριμένη λογική. Για παράδειγμα στην Εικόνα 34 που απεικονίζεται το έντομο *Callosobruchus maculatus* αρχικά ορίζονται τα σημεία κλειδιά της μίας πλευράς και στη συνέχεια με αντίστοιχο τρόπο ορίζονται τα σημεία της άλλης πλευράς. Είναι φανερό ότι κάποια σημεία κλειδιά είναι πιο κάτω από κάποια αλλά αντί να είναι όλα στην ίδια ευθεία.



Εικόνα 34: Τα σημεία κλειδιά του περιγράμματος ορίζονται αρχικά από τη μία πλευρά και στη συνέχεια από την άλλη πλευρά με συγκεκριμένη λογική.

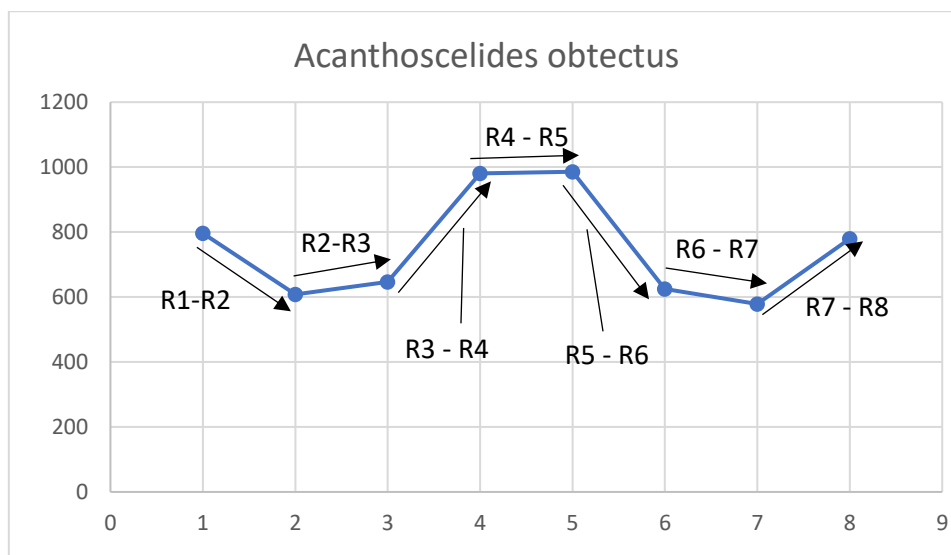
Όπως γίνεται φανερό από τις ψηφιακές μορφολογικές υπογραφές ορισμένα έντομα παρουσιάζουν ομοιότητες μεταξύ τους, άλλα παρουσιάζουν μικρές διαφορές και άλλα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Στη συνέχεια ακολουθεί σύγκριση μεταξύ των εντόμων. Η σύγκριση πραγματοποιείται ως εξής: η ψηφιακή υπογραφή κάθε εντόμου συγκρίνεται με τις ψηφιακές μορφολογικές υπογραφές των επόμενων που ακολουθούν, δηλαδή η υπογραφή του εντόμου *Acanthoscelides obtectus* συγκρίνεται με την υπογραφή του επόμενου που είναι το *Aelia rostrata* και ούτω καθεξής. Έτσι διασφαλίζεται ότι όλα τα έντομα θα συγκριθούν μεταξύ τους. Επίσης μέσα στο κείμενο γίνονται αναφορές σε ορισμένους όρους όπως για παράδειγμα «γραμμές R3 – R4'' ή

“γραμμή μεταξύ των σημείων R3 - R4” όπου τα σημεία R_n (όπου n οι θετικοί ακέραιοι αριθμοί από το 1 έως το 8) παρουσιάζονται στην εικόνα 35.



Εικόνα 35: Ονομασία των σημείων κλειδιών στην ψηφιακή μορφολογική υπογραφή

Και οι γραμμές $R_n - R_{n+1}$ αναφέρονται στις γραμμές που σχηματίζονται από τα προαναφερθέντα σημεία (εικόνα 36).

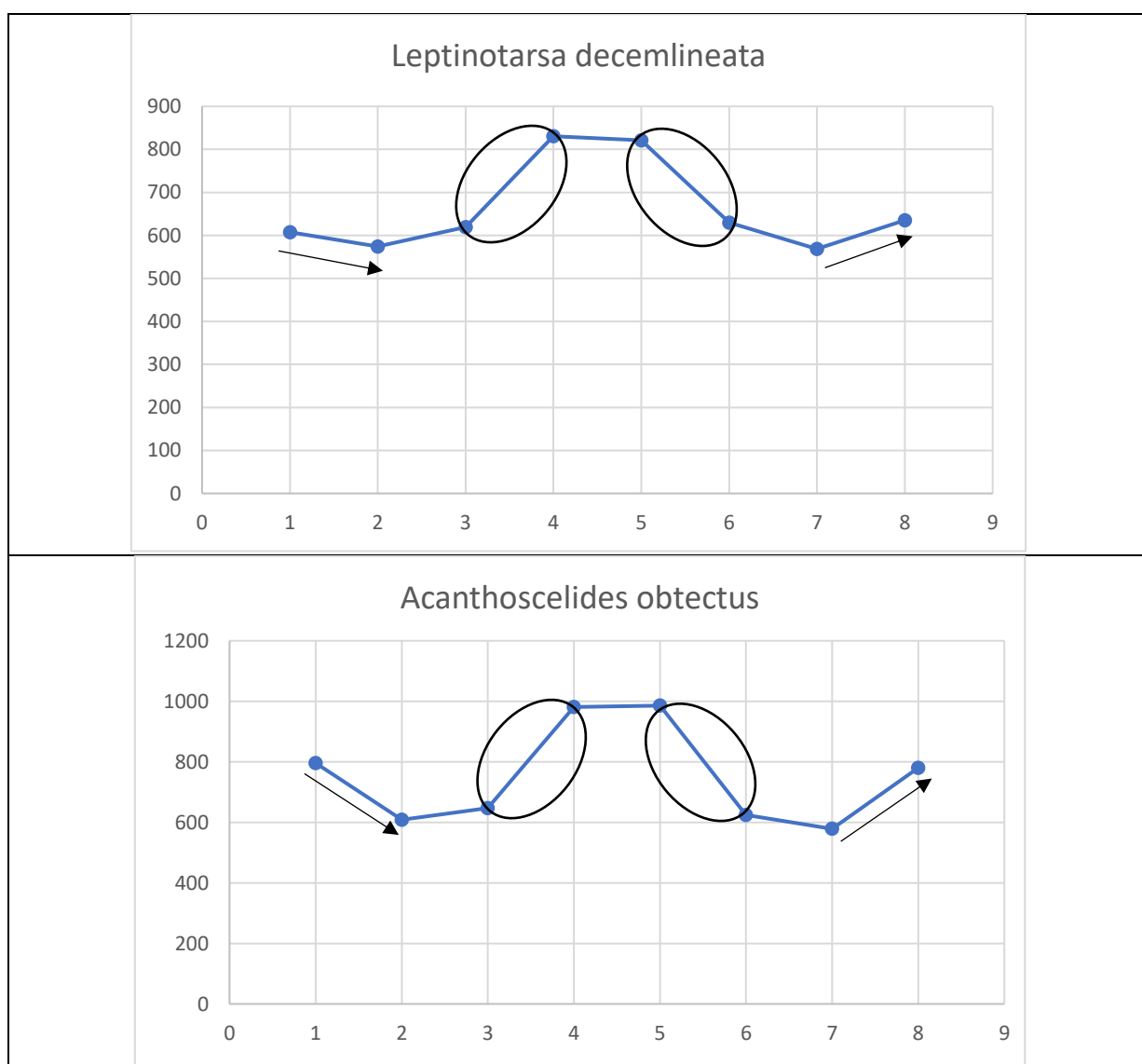


Εικόνα 36: Ονομασία των γραμμών που σχηματίζονται από τα σημεία κλειδιά στην ψηφιακή μορφολογική υπογραφή

Η αρχή γίνεται με το *Acanthoscelides obtectus*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του *Acanthoscelides obtectus* διαφέρει από αυτή του *Aelia rostrata*, όπως επίσης και με τις υπογραφές των *Agriotes spp*, *Anthonomus pomorum*, *Aphis pomi*, *Bruchus pisorum*, *Calliptamus italicus*,

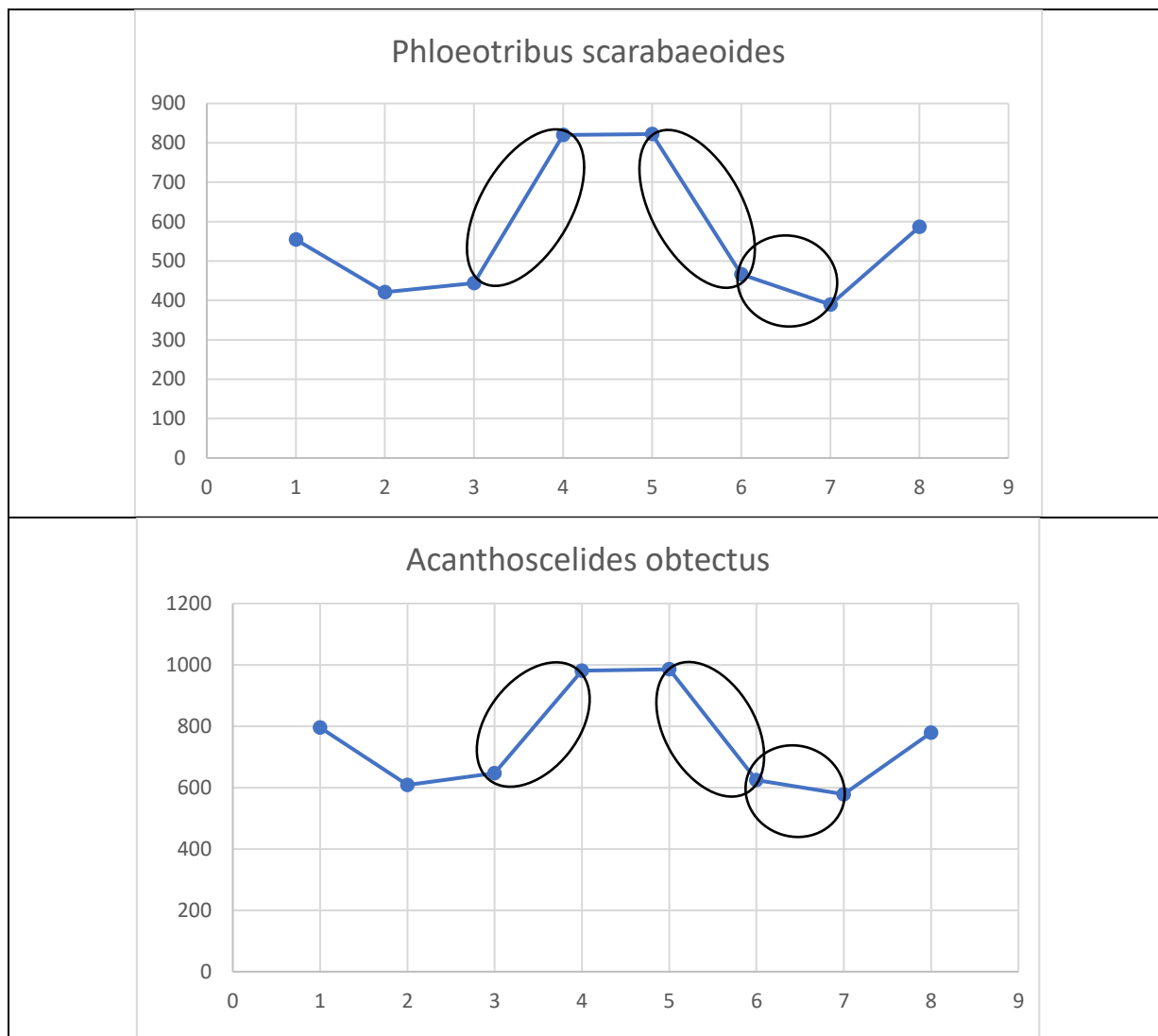
Callosobruchus maculatus, *Capnodis tenebrionis*, *Cerambyx welensii*, *Coccinella septempunctata*, *Diabrotica virgifera*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Leptinotarsa decemlineata* χαρακτηρίζεται από ομοιότητες με το *Acanthoscelides obtectus* αλλά διαφέρει στις γραμμές R1 - R2 και R7 - R8 όπου στο έντομο *Acanthoscelides obtectus* σχηματίζει μια κλίση μεγαλύτερη από αυτή του εντόμου *Leptinotarsa decemlineata*. Επίσης παρατηρείται ότι η γραμμές R3 – R4 και R5 – R6 έχουν μεγαλύτερο μήκος στο έντομο *Acanthoscelides obtectus* σε σχέση με το έντομο *Leptinotarsa decemlineata* (Εικόνα 35).



Εικόνα 37: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Leptinotarsa decemlineata* και *Acanthoscelides obtectus*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του *Phloeotribus scarabaeoides* παρουσιάζει ομοιότητες με αυτήν του *Acanthoscelides obtectus* αλλά παρόλα αυτά υπάρχουν εμφανείς διαφορές όπως είναι η γραμμή μεταξύ των σημείων R3 - R4 και R5 - R6 που είναι μεγαλύτερη σε μήκος στο *Phloeotribus scarabaeoides* σε σχέση με το *Acanthoscelides obtectus*. Επίσης και στη γραμμή μεταξύ των σημείων R6 - R7 φαίνεται να υπάρχει διαφορά ως προς την κλίση (η κλίση του *Acanthoscelides obtectus* είναι μεγαλύτερη σε μοίρες από το *Phloeotribus scarabaeoides*) (Εικόνα 36).



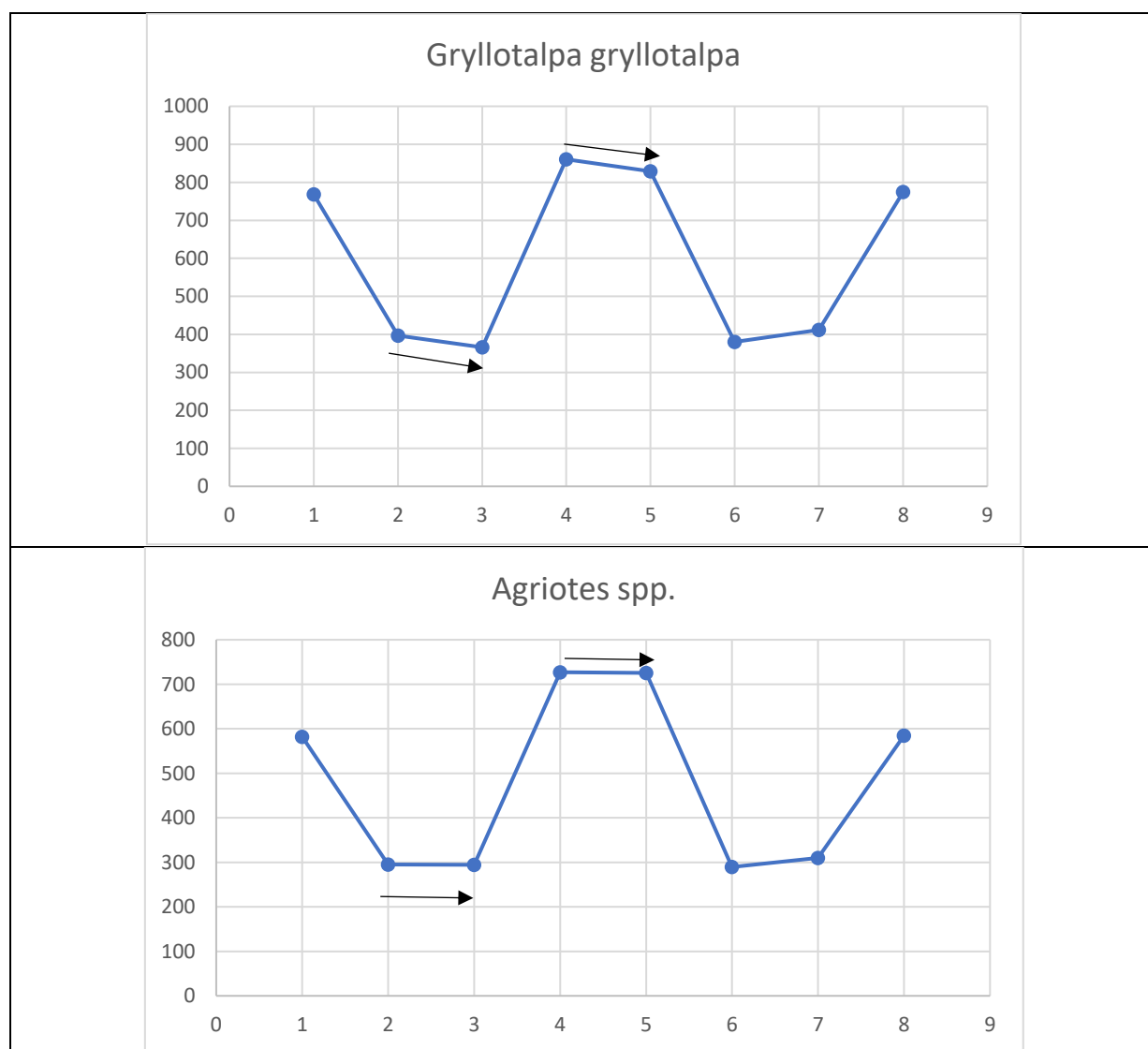
Εικόνα 38: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Phloeotribus scarabaeoides* και *Acanthoscelides obtectus*.

Στην συνέχεια συγκρίνεται η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του *Aelia rostrata* με τις υπογραφές των άλλων. Είναι εμφανές ότι η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του *Aelia rostrata* διαφέρει από εκείνες των εντόμων: *Agriotes spp.*, *Anthonomus pomorum*, *Aphis pomi*, *Bruchus pisorum*, *Calliptamus italicus*, *Callosobruchus maculatus*, *Capnodis tenebrionis*, *Cerambyx welensii*, *Coccinella septempunctata*, *Diabrotica virgifera*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*,

Rhynchites cribripennis, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

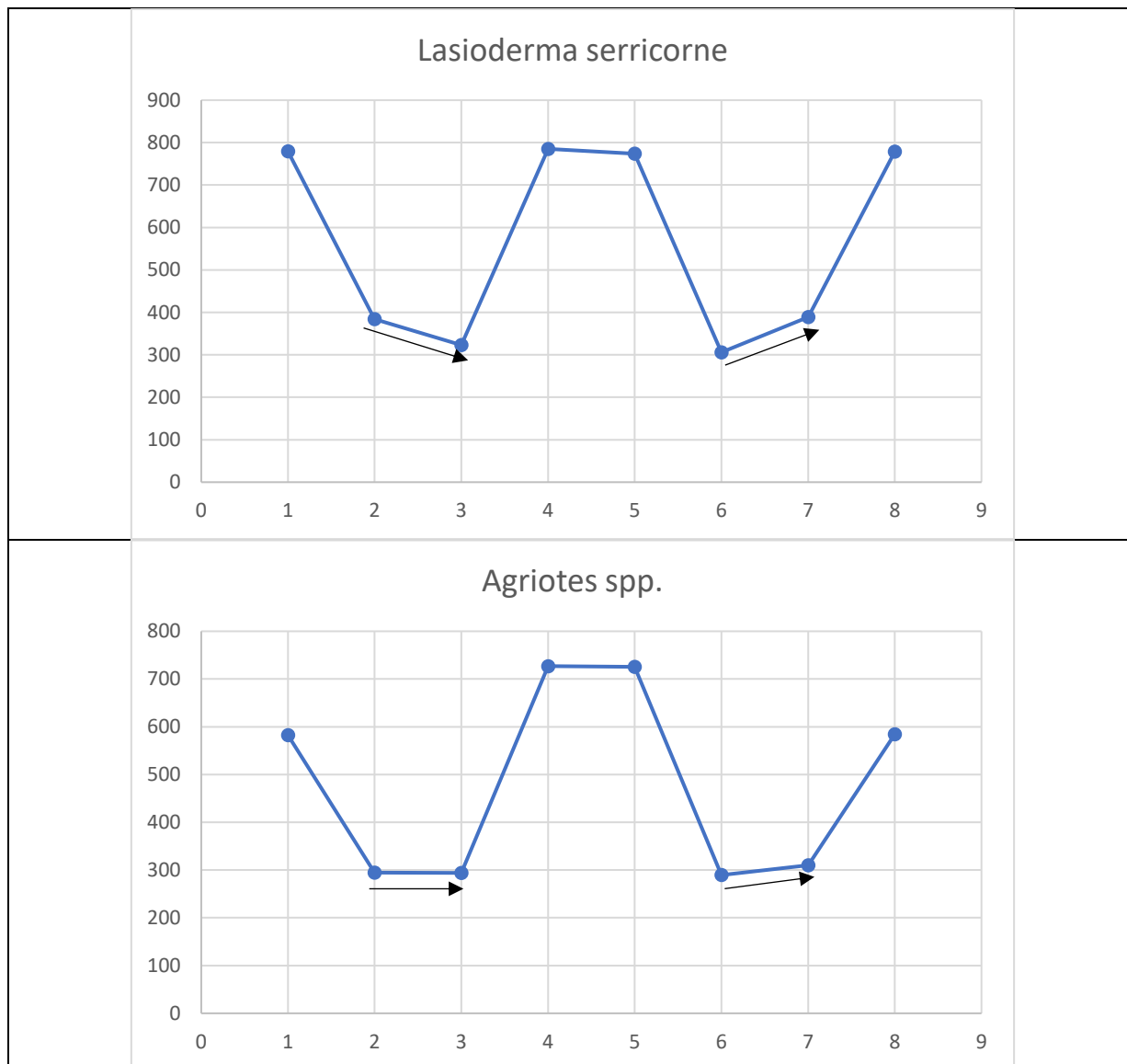
Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Agriotes spp.* διαφέρει από εκείνες των εντόμων: *Anthonomus pomorum*, *Aphis pomi*, *Bruchus pisorum*, *Calliptamus italicus*, *Callosobruchus maculatus*, *Capnodis tenebrionis*, *Cerambyx welensii*, *Coccinella septempunctata*, *Diabrotica virgifera*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Gryllotalpa gryllotalpa* έχει ομοιότητες με αυτή του *Agriotes spp.* αλλά υπάρχουν κάποιες μικρές διαφορές στα δύο αυτά έντομα. Αναλυτικά οι γραμμές μεταξύ των σημείων R2 - R3 και R4 - R5 στο έντομο *Gryllotalpa gryllotalpa* παρουσιάζουν μικρή απόκλιση από την ευθυγραμμία ενώ οι αντίστοιχες γραμμές στο *Agriotes spp.* φαίνεται να δημιουργούν ευθείες γραμμές (Εικόνα 37).



Εικόνα 39: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Gryllotalpa gryllotalpa* και *Agriotes spp.*

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Lasioderma serricorne* διαφέρει από αυτή του *Agriotes spp.* στα εξής σημεία: η γραμμή μεταξύ των σημείων R2 - R3 στο *Lasioderma serricorne* παρουσιάζει κλίση προς τα κάτω ενώ στο *Agriotes spp.* διατηρείται η ευθυγραμμία. Επίσης στην γραμμή μεταξύ των γραμμών R6 - R7 παρατηρείται ότι το πρώτο έντομο έχει μεγαλύτερη κλίση προς τα πάνω αντίθετα στο δεύτερο είναι ελαφρώς προς τα πάνω (Εικόνα 38).

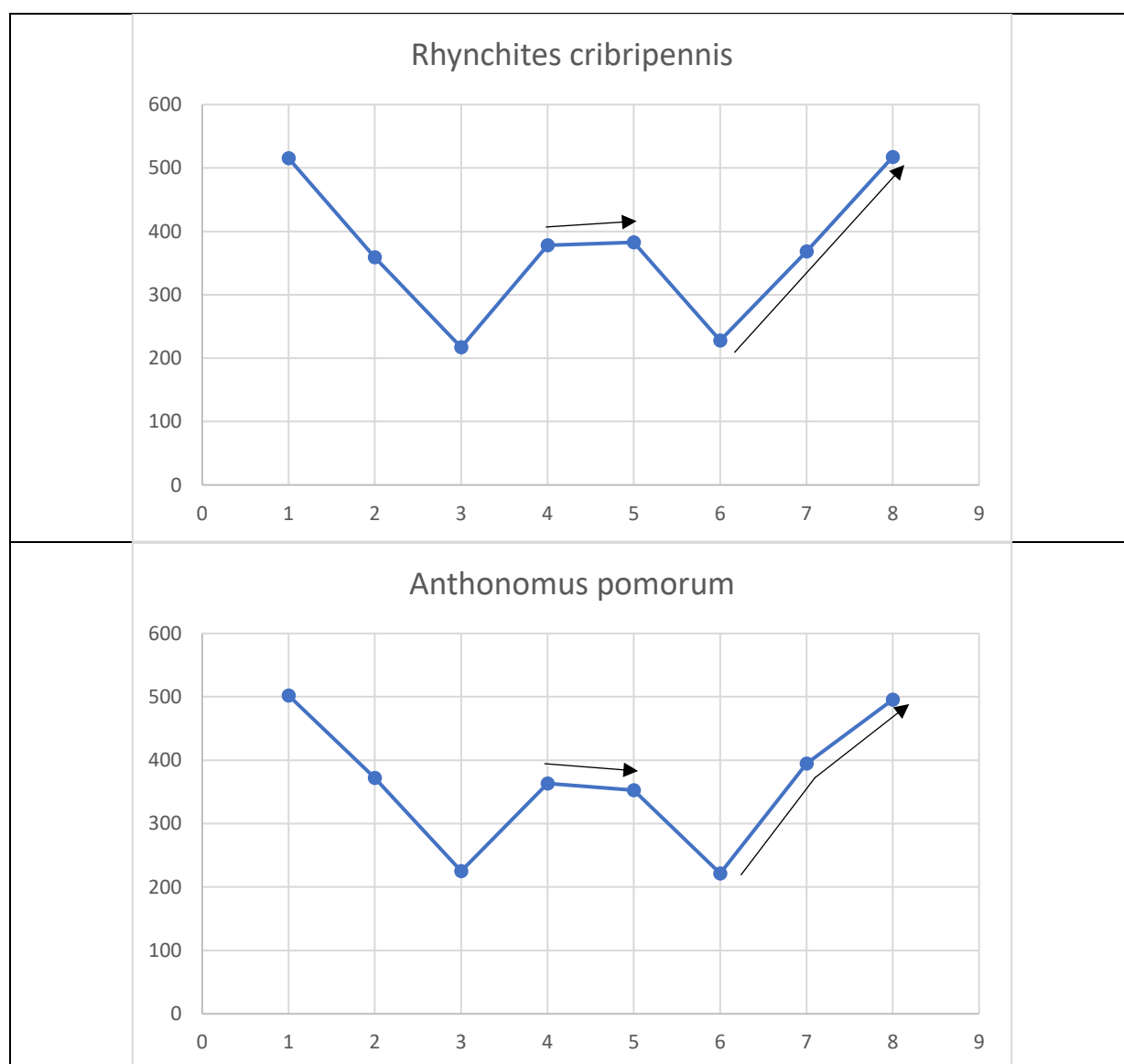


Εικόνα 40: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Lasioderma serricorne* και *Agriotes spp.*

Το επόμενο έντομο που αξιολογείται είναι το *Anthonomus pomorum*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του *Anthonomus pomorum* διαφέρει από εκείνες των εντόμων: *Aphis pomi*, *Bruchus pisorum*, *Calliptamus italicus*, *Callosobruchus maculatus*, *Capnodis tenebrionis*, *Cerambyx welensii*, *Coccinella septempunctata*, *Diabrotica virgifera*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus*

scarabaeoides, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Rhynchites cribripennis* παρουσιάζει ομοιότητες με εκείνη του *Anthonomus pomorum*, όμως διαφέρει στα εξής σημεία: α) η γραμμή που σχηματίζεται από τα σημεία R4 - R5 στο έντομο *Rhynchites cribripennis* έχει μια ελαφρώς κλίση προς τα πάνω ενώ του εντόμου *Anthonomus pomorum* μια ελαφριά κλίση προς κάτω. Επίσης, η γραμμή μεταξύ των σημείων R7 - R8 στο έντομο *Rhynchites cribripennis* παρουσιάζει ευθεία με την γραμμή μεταξύ των σημείων R6 - R7 ενώ αντίθετα στο έντομο *Anthonomus pomorum* έχει κλίση (Εικόνα 39).

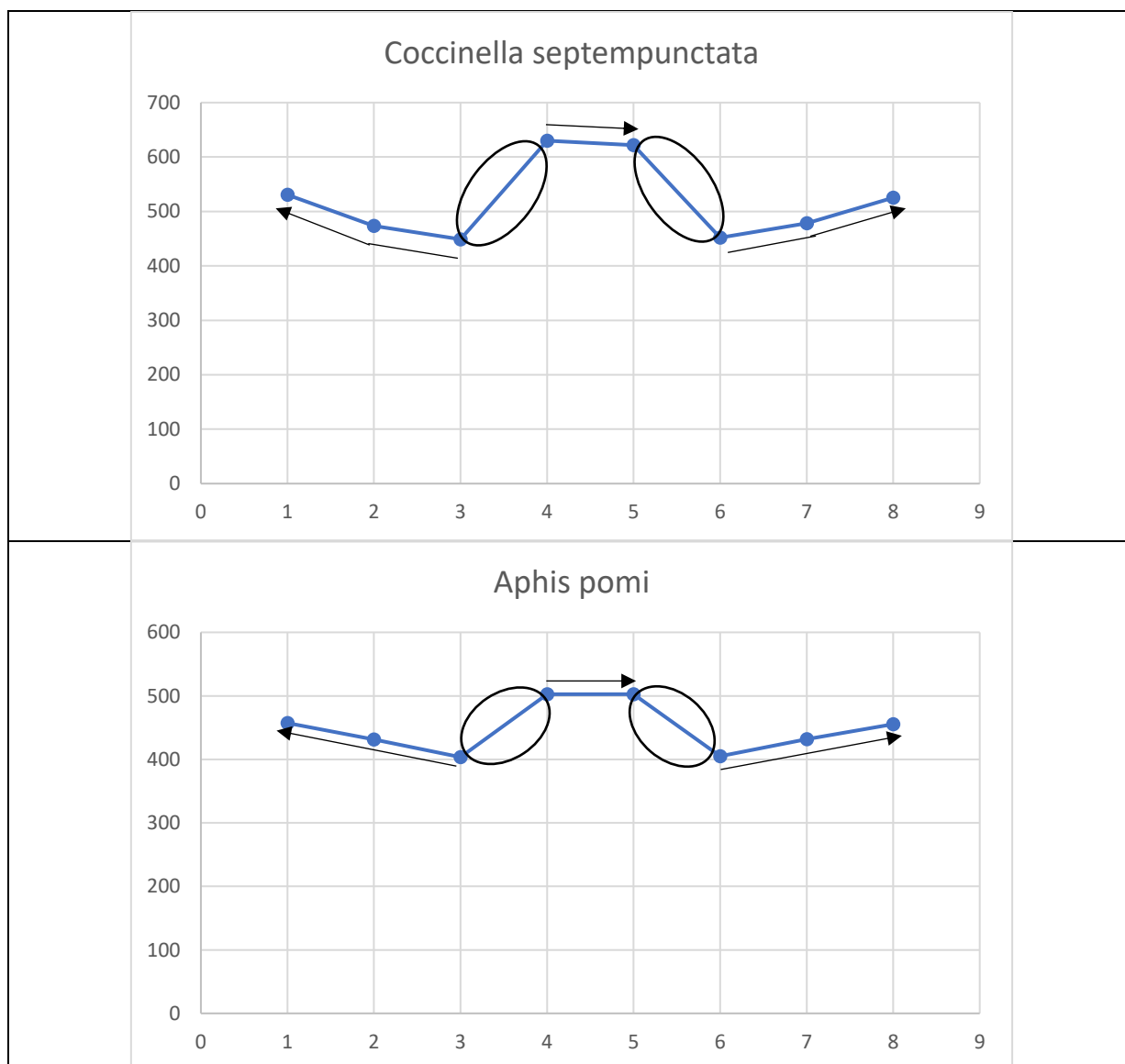


Εικόνα 41: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Rhynchites cribripennis* και *Anthonomus pomorum*.

Εν συνεχεία είναι το έντομο *Aphis pomi*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου αυτού διαφέρει από τα εξής: *Bruchus pisorum*, *Calliptamus italicus*, *Callosobruchus maculatus*, *Capnodis tenebrionis*, *Cerambyx welensii*, *Diabrotica virgifera*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*,

Euzophera pinguis, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

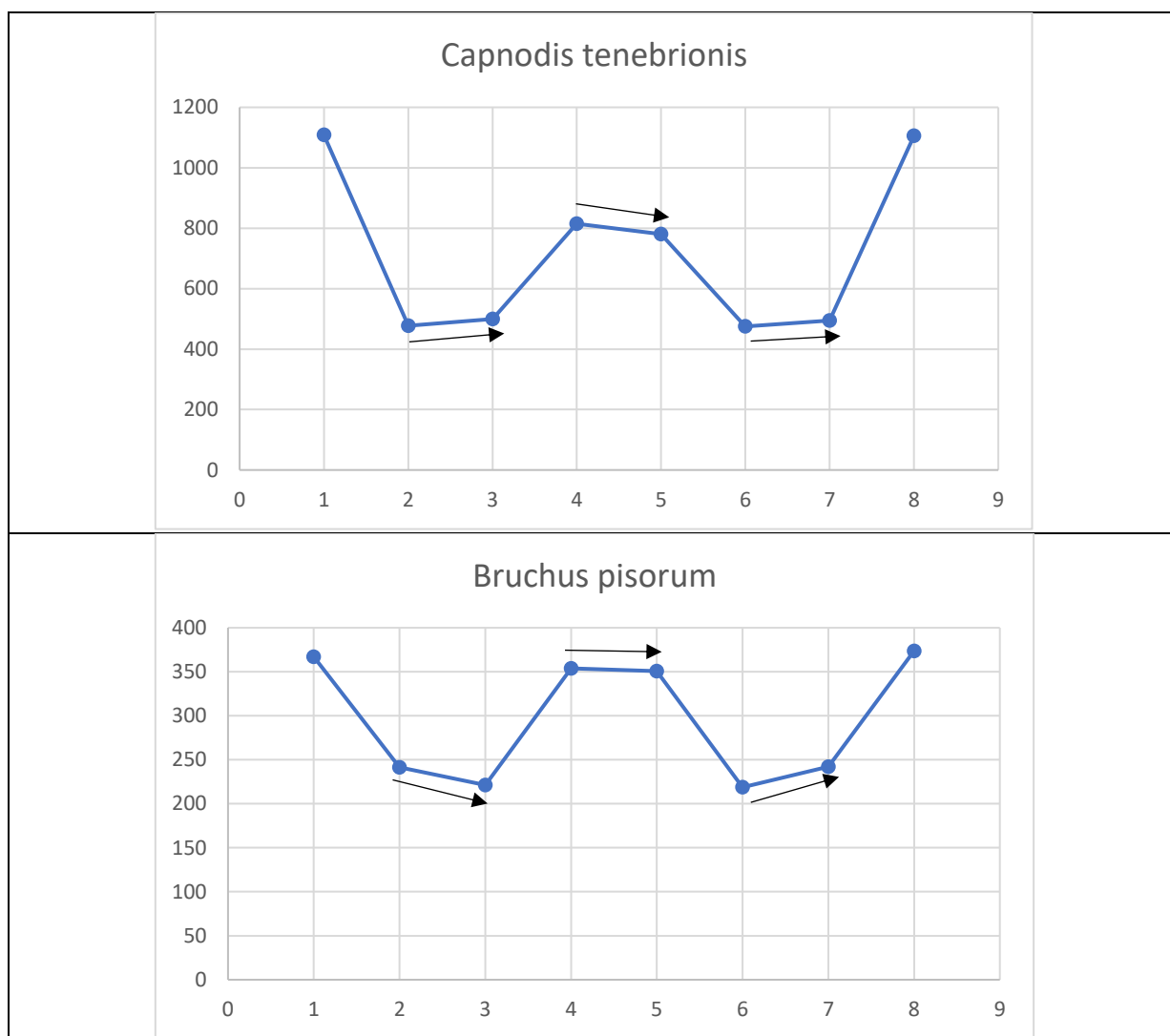
Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του *Coccinella septempunctata* έχει ομοιότητες με αυτή του *Aphis pomi* έχοντας κάποιες διαφορές. Συγκεκριμένα η γραμμή που σχηματίζεται από τα σημεία R4 και R5 στο *Coccinella septempunctata* έχει μικρή κλίση προς τα κάτω ενώ αντίθετα στο *Aphis pomi* χαρακτηρίζεται από ευθεία. Επίσης οι γραμμές μεταξύ των σημείων R3-R4 και R5-R6 είναι μεγάλες σε μήκος του εντόμου *Coccinella septempunctata* από το *Aphis pomi*. Ακόμη οι γραμμές σχηματισμένες από τα σημεία R1-R2-R3 και R6-R7-R8 στο έντομο *Coccinella septempunctata* σχηματίζουν μια ελαφριά κλίση αντίθετα στο έντομο *Aphis pomi* που παρουσιάζει ευθυγραμμία (Εικόνα 40).



Εικόνα 42: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Coccinella septempunctata* και *Aphis pomi*.

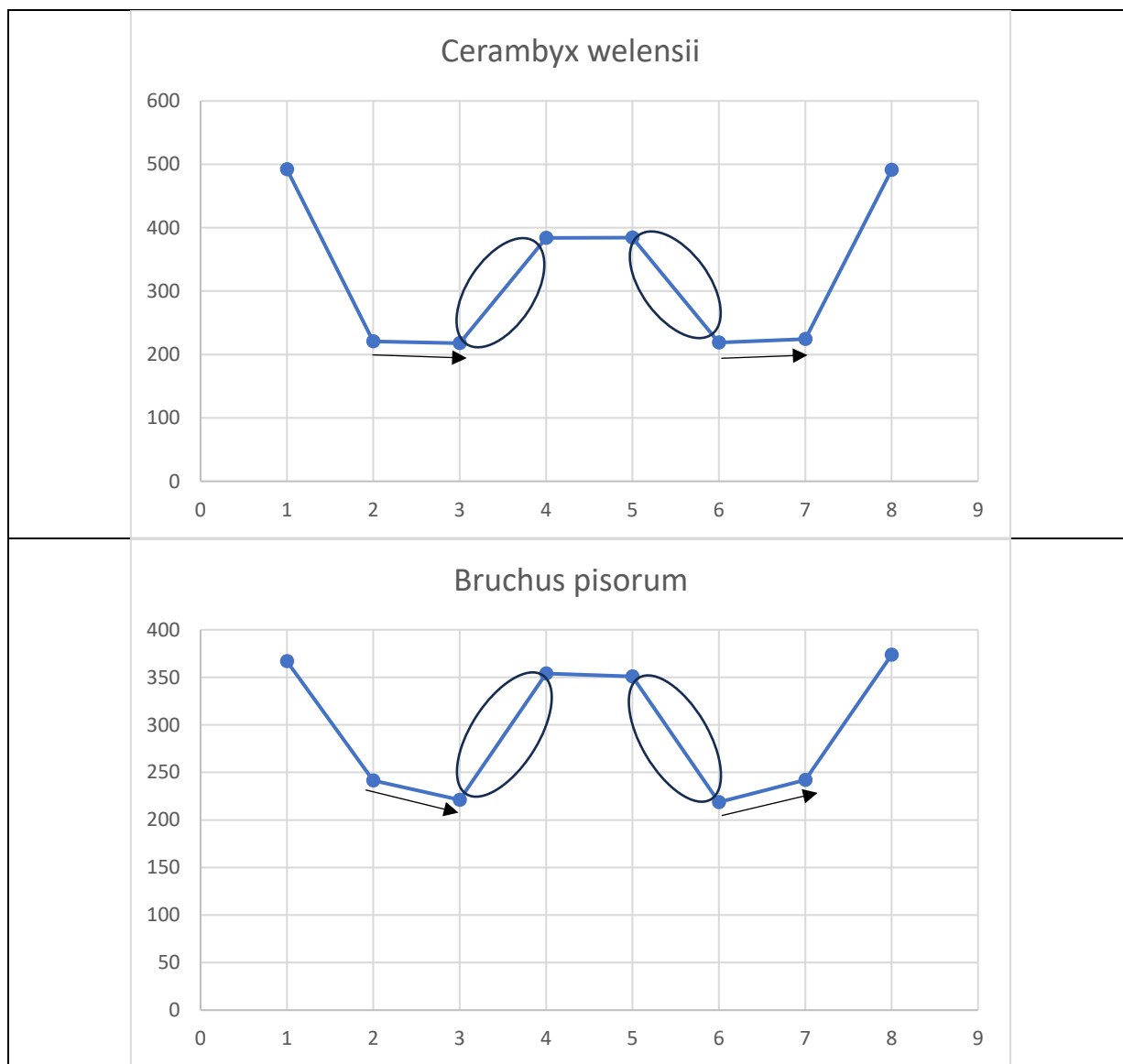
Συνεχίζοντας με το έντομο *Bruchus pisorum* η ψηφιακή του μορφολογική υπογραφή διαφέρει από τα εξής έντομα: *Calliptamus italicus*, *Callosobruchus maculatus*, *Coccinella septempunctata*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Στο έντομο *Capnodis tenebrionis* η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του χαρακτηρίζεται από ομοιότητες με το έντομο *Bruchus pisorum*, η διαφορά είναι στην γραμμή που σχηματίζεται από τα σημεία R2 – R3 όπου παρατηρείται στο έντομο *Capnodis tenebrionis* να έχει κλίση προς τα πάνω ενώ στο *Bruchus pisorum* έχει κλίση προς τα κάτω. Ακόμη η γραμμή μεταξύ των σημείων R4 – R5, το έντομο *Bruchus pisorum*, παρουσιάζει ευθυγραμμία σε σχέση με το έντομο *Capnodis tenebrionis* που παρατηρείται μια κλίση προς τα κάτω. Τέλος η γραμμή R6 – R7 στο έντομο *Capnodis tenebrionis* έχει κλίση προς τα κάτω ενώ στο έντομο *Bruchus pisorum* διατηρείται σε ευθεία γραμμή (Εικόνα 41).



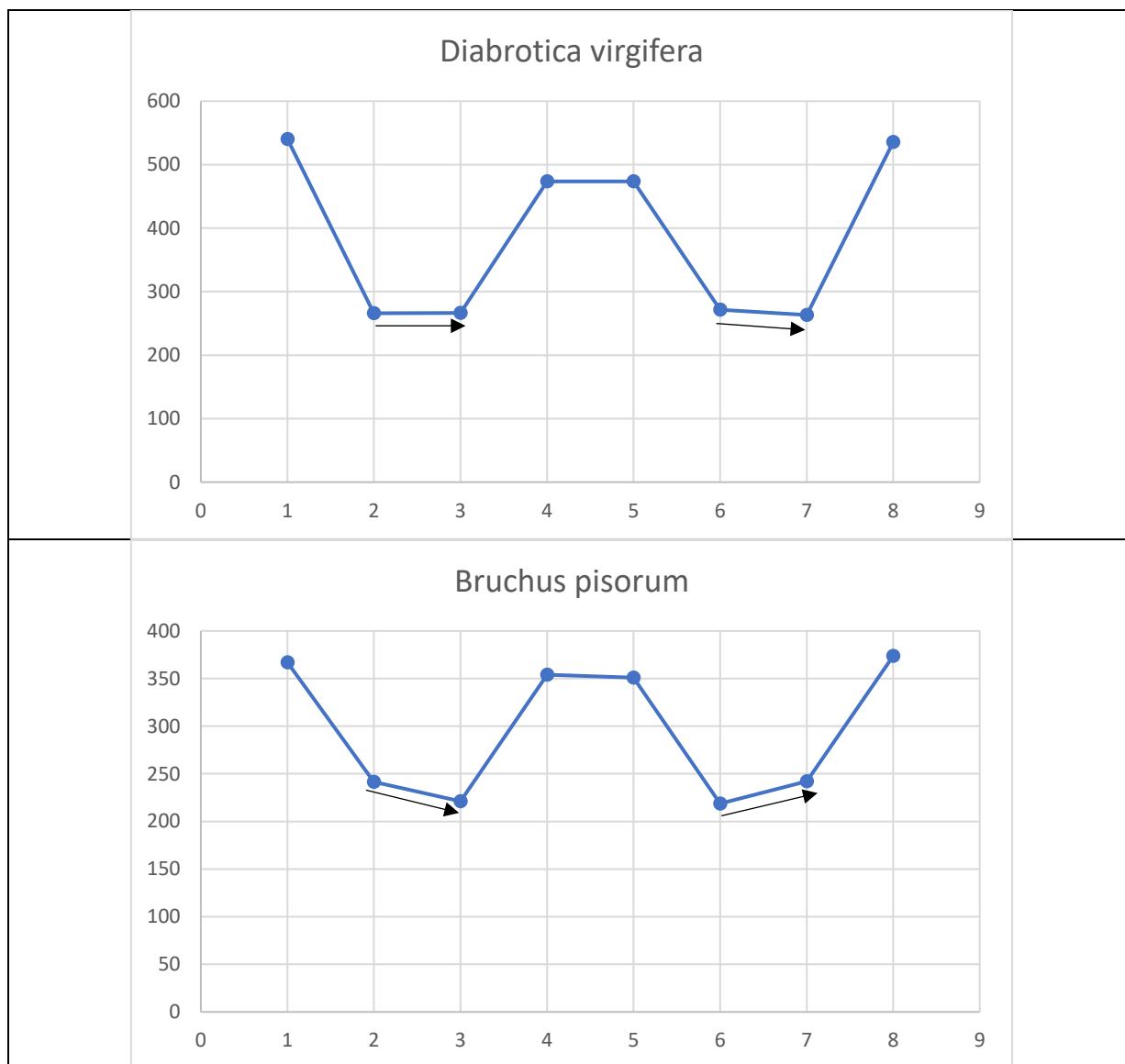
Εικόνα 43: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Capnodis tenebrionis* και *Bruchus pisorum*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Cerambyx welensii* χαρακτηρίζεται από ομοιότητες με το έντομο *Bruchus pisorum*. Η διαφορά είναι στα εξής: α) στις γραμμές που σχηματίζονται από τα σημεία R2-R3 φαίνεται να διατηρείται σε ευθυγραμμία με μια πολύ ελαφριά κλίση προς τα κάτω στο *Cerambyx welensii* ενώ στο *Bruchus pisorum* έχει μεγάλη κλίση προς τα κάτω β) τα R6-R7 όπου στο *Cerambyx welensii* έχει μια ελαφριά κλίση προς τα πάνω ενώ στο *Bruchus pisorum* είναι φανερή η κλίση προς τα πάνω και γ) οι γραμμές μεταξύ των R3-R4 και R5-R6 είναι μικρές σε απόσταση του *Cerambyx welensii* από το *Bruchus pisorum* (Εικόνα 42).



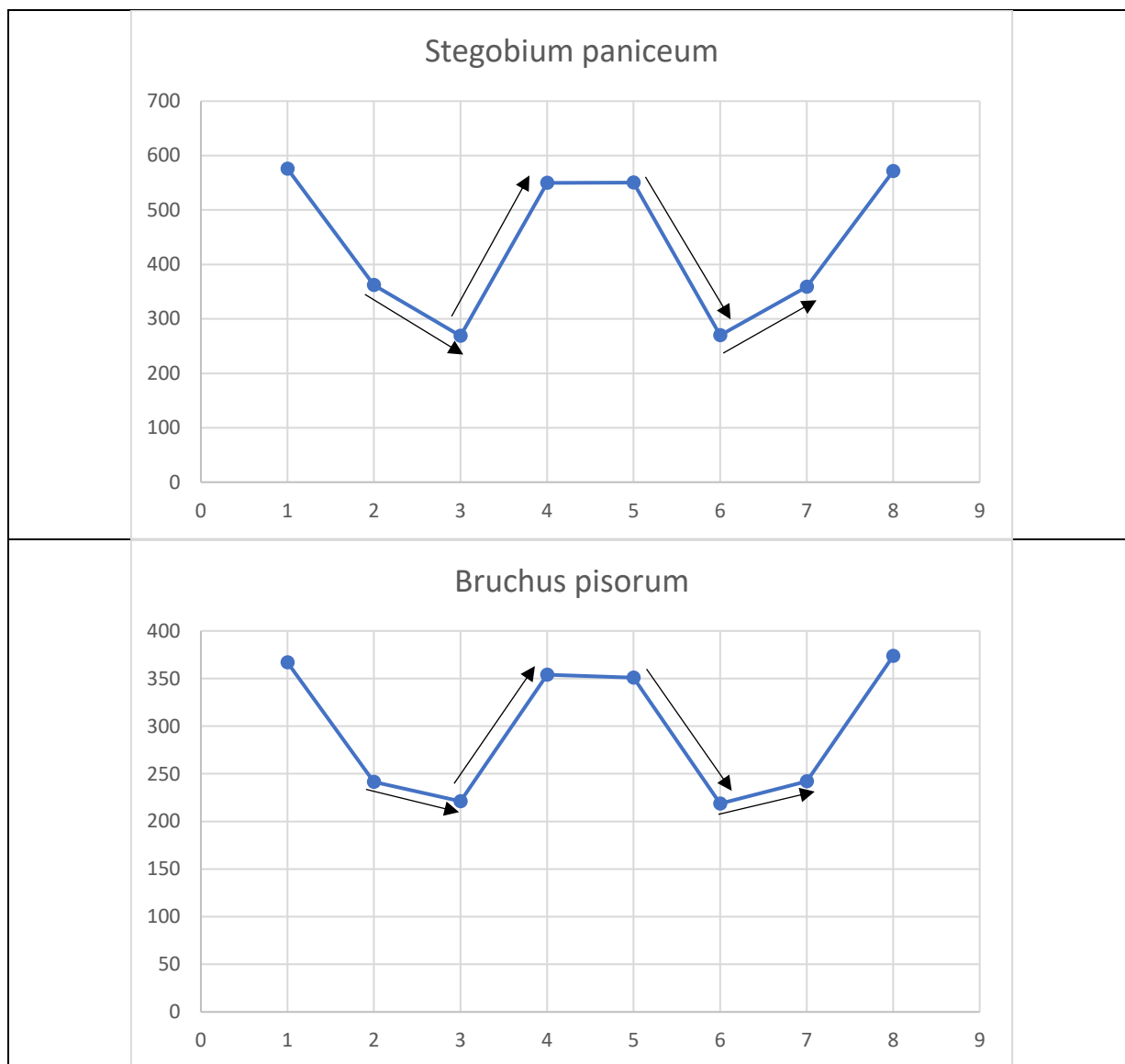
Εικόνα 44: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Cerambyx welensii* και *Bruchus pisorum*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του έντομο *Diabrotica virgifera* διαφέρει με το έντομο *Bruchus pisorum* στα εξής σημεία: α) η γραμμή R2-R3 που σχηματίζεται είναι ευθεία γραμμή στο *Diabrotica virgifera* ενώ στο *Bruchus pisorum* έχει κλίση προς τα κάτω και β) στην γραμμή μεταξύ των R6-R7 φαίνεται στο *Diabrotica virgifera* να έχει μια προς τα κάτω κλίση ενώ στο άλλο είναι προς τα πάνω (Εικόνα 43).



Εικόνα 45: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Diabrotica virgifera* και *Bruchus pisorum*.

Στην ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Stegobium paniceum* οι γραμμές των σημείων R3-R4 και R5-R6 έχουν μεγαλύτερο μήκος σε σχέση με το *Bruchus pisorum* και επίσης οι γραμμές μεταξύ των σημείων R2-R3 και R6-R7 του πρώτου σε σχέση με του δεύτερου εντόμου έχουν αρκετά μεγάλη κλίση (Εικόνα 44).



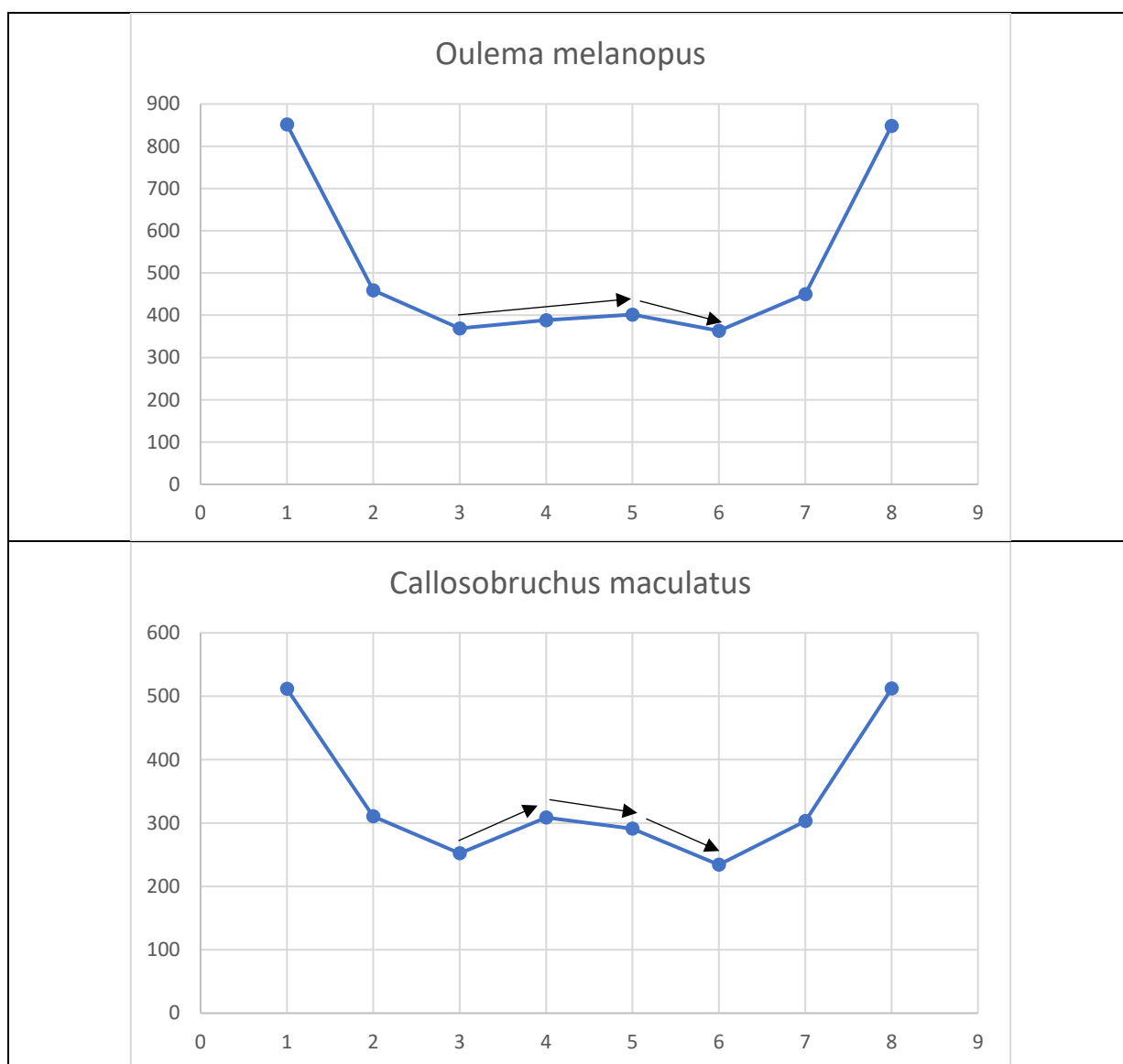
Εικόνα 46: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Stegobium paniceum* και *Bruchus pisorum*.

Επόμενο έντομο που αξιολογείται είναι το *Calliptamus italicus*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή αυτού διαφέρει από τα εξής: *Callosobruchus maculatus*, *Capnodis tenebrionis*, *Cerambyx welensii*, *Coccinella septempunctata*, *Diabrotica virgifera*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

Έπειτα είναι το *Callosobruchus maculatus*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή διαφέρει από τα εξής: *Capnodis tenebrionis*, *Cerambyx welensii*, *Coccinella septempunctata*, *Diabrotica virgifera*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*,

Phloeotribus scarabaeoides, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

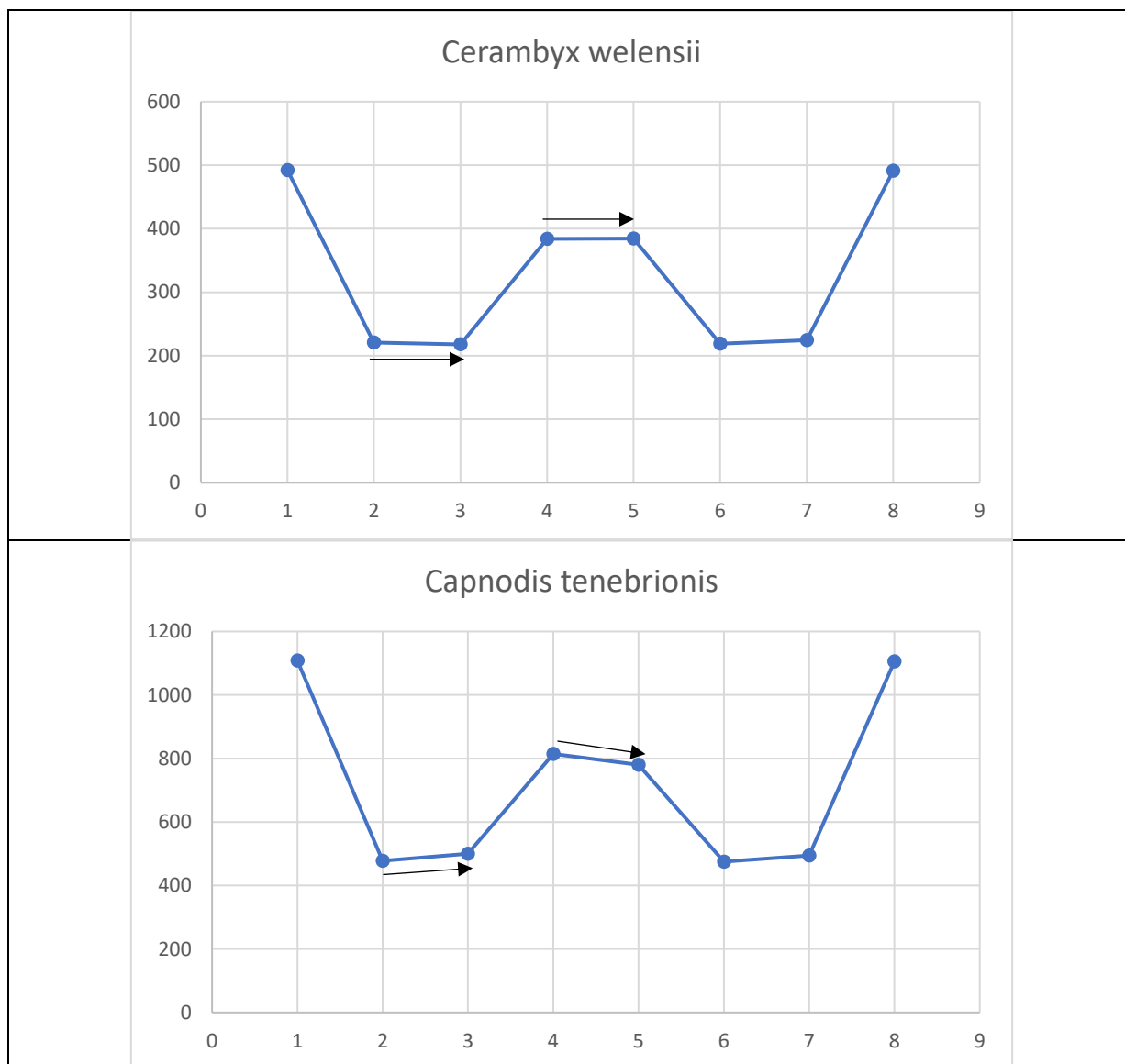
Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Oulema melanopus* παρουσιάζει ομοιότητες με το *Callosobruchus maculatus* εκεί όμως που διαφέρει περισσότερο είναι στις τρεις γραμμές μεταξύ των σημείων R3-R6 όπου στο πρώτο έντομο οι δύο γραμμές μεταξύ των σημείων R3-R5 φαίνεται να διατηρούν ευθεία γραμμή ενώ στο δεύτερο έντομο η γραμμή R3-R4 έχει κλίση προς τα πάνω και έπειτα στην επόμενη γραμμή έχει κλίση προς τα κάτω και δημιουργείται κατ' αυτό το τρόπο γωνία. Τέλος η γραμμή R5-R6 και στα δύο έντομα έχει κλίση προς τα κάτω με αυτή του εντόμου *Oulema melanopus* να είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή του εντόμου *Callosobruchus maculatus* (Εικόνα 45).



Εικόνα 47: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Oulema melanopus* και *Callosobruchus maculatus*.

Συνεχίζοντας με το *Capnodis tenebrionis* η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου αυτού διαφέρει από τα εξής: *Coccinella septempunctata*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

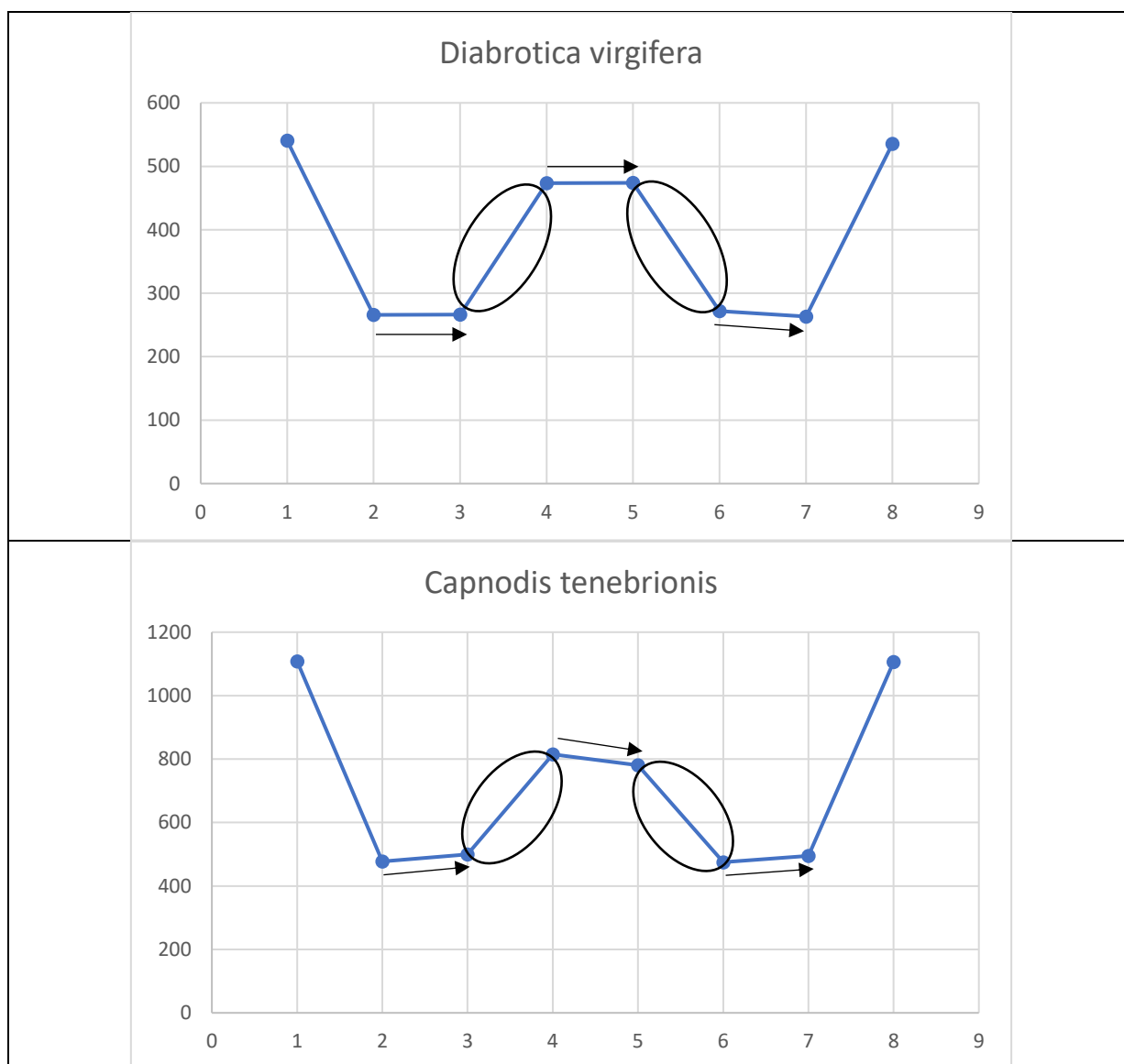
Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Cerambyx welensii* διαφέρει με του *Capnodis tenebrionis* στις γραμμές R2-R3 και R4-R5 όπου το πρώτο έντομο φαίνεται να διατηρούνται σε ευθεία γραμμή ενώ στο δεύτερο έχουν κλίσεις οι δύο γραμμές αυτές (Εικόνα 46).



Εικόνα 48: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Cerambyx welensii* και *Capnodis tenebrionis*.

Στο έντομο *Diabrotica virgifera* η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή διαφέρει με του *Capnodis tenebrionis* στην γραμμή R2-R3 όπου στο πρώτο έντομο διατηρείται σε ευθεία γραμμή σε

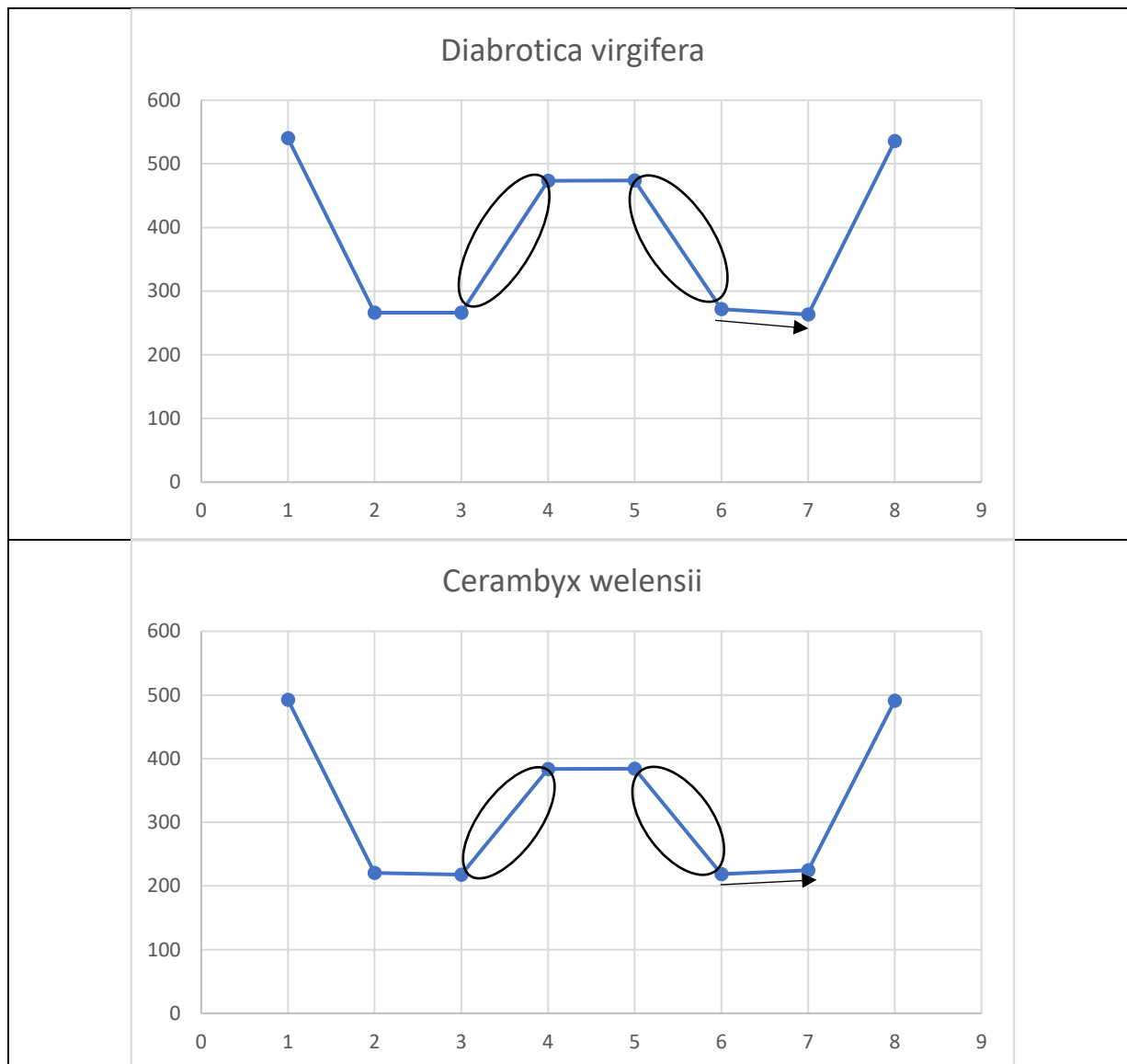
σχέση με το δεύτερο. Επίσης το ίδιο ισχύει και στην γραμμή R4-R5 στα αντίστοιχα έντομα όπως και προηγουμένως. Τέλος η γραμμή R6-R7 έχει κλίση προς τα κάτω στο πρώτο έντομο ενώ στο δεύτερο έντομο έχει κλίση προς τα πάνω και επιπλέον το μήκος των γραμμών R3-R4 και R5-R6 είναι πιο μεγάλο στο πρώτο σε αντίθεση με το δεύτερο (Εικόνα 47).



Εικόνα 49: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Diabrotica virgifera* και *Capnodis tenebrionis*.

Το επόμενο έντομο το οποίο είναι το *Cerambyx welensii* η ψηφιακή μορφολογική του υπογραφή διαφέρει από τα εξής: *Coccinella septempunctata*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

Τα έντομα *Diabrotica virgifera* και *Cerambyx welensii* παρουσιάζουν ομοιότητες οι ψηφιακές μορφολογικές υπογραφές τους. Οι μόνες διαφορές είναι στην γραμμή R6-R7 όπου στο πρώτο έντομο δημιουργείται κλίση προς τα κάτω ενώ στο δεύτερο ελαφρώς προς τα πάνω και επίσης το πρώτο έντομο έχει μεγάλο μήκος στις γραμμές R3-R4 και R5-R6 ενώ στο δεύτερο οι ίδιες γραμμές έχουν μικρό μήκος (Εικόνα 48).



Εικόνα 50: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Diabrotica virgifera* και *Cerambyx welensii*.

Το επόμενο έντομο που αξιολογείται είναι το *Coccinella septempunctata*. Σε αυτό το έντομο η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή διαφέρει με τα εξής έντομα: *Diabrotica virgifera*, *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Επόμενο έντομο είναι το *Diabrotica virgifera*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή αυτού διαφέρει από τα εξής: *Earias insulana*, *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

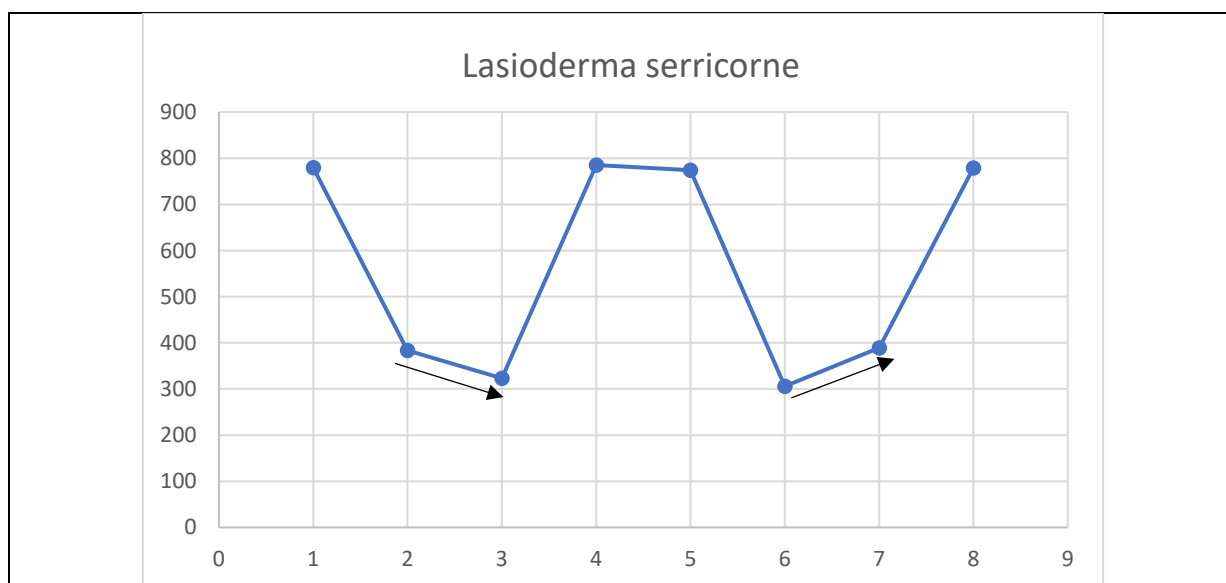
Εν συνεχεία είναι το έντομο *Earias insulana*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του διαφέρει από τα εξής έντομα: *Eurygaster maura*, *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

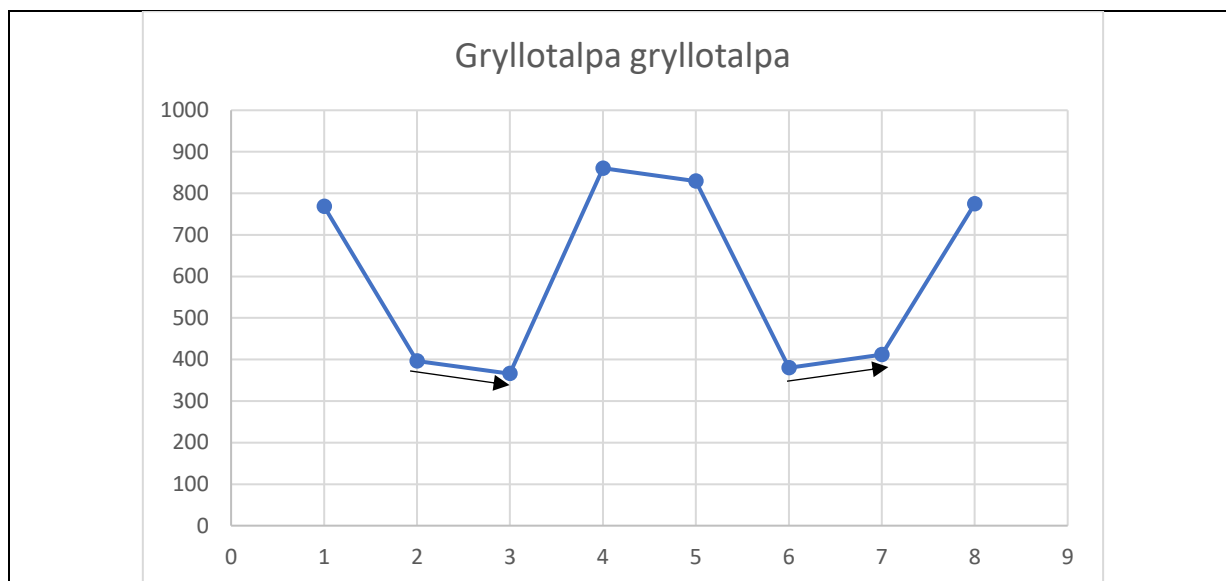
Επόμενο είναι το *Eurygaster maura*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου αυτού διαφέρει από τα παρακάτω έντομα: *Euzophera pinguis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Έπειτα είναι το *Euzophera pinguis*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του έχει διαφορές από τα εξής: *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Lasioderma serricorne*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Επόμενο έντομο είναι το *Gryllotalpa gryllotalpa*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου αυτού διαφέρει από τα εξής: *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Lasioderma serricorne* με του *Gryllotalpa gryllotalpa* έχει μια μικρή διαφορά στις γραμμές R2-R3 και R6-R7. Ενώ έχει παρόμοια κλίση το πρώτο έντομο με το δεύτερο φαίνεται όμως ότι οι κλίσεις στο πρώτο είναι πιο μεγάλες (Εικόνα 49).





Εικόνα 51: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Lasioderma serricorne* και *Gryllotalpa gryllotalpa*.

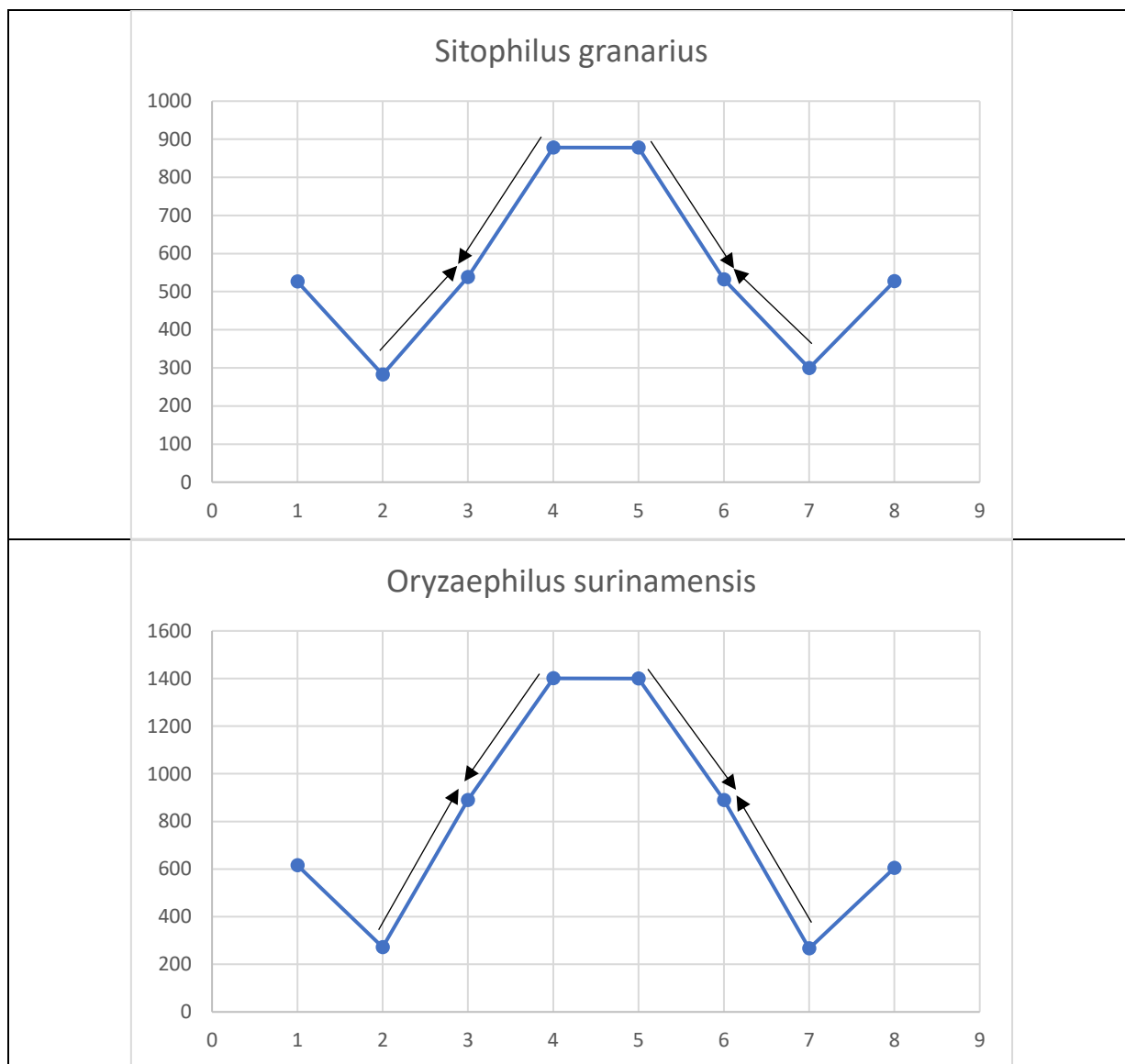
Επόμενο έντομο είναι το *Lasioderma serricorne* το οποίο από την σύγκριση με τα επόμενα παρατηρείται ότι η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή διαφέρει από τα εξής έντομα: *Leptinotarsa decemlineata*, *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Στην συνέχεια είναι το *Leptinotarsa decemlineata* όπου ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του διαφέρει από τα εξής έντομα: *Nezara viridula*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Επόμενο είναι το *Nezara viridula*. Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου αυτού διαφέρει από τα εξής: *Oryzaephilus surinamensis*, *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Του εντόμου *Oryzaephilus surinamensis* η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του έχει διαφορές με τα εξής έντομα: *Ostrinia nubilalis*, *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Sitophilus granarius* παρουσιάζει ομοιότητες με το *Oryzaephilus surinamensis* αλλά διαφέρουν στο σημείο R3 και R6 σχηματίζοντας γωνία και στα δύο αλλά στο πρώτο σχηματίζεται προς το εσωτερικό γωνία ενώ στο δεύτερο σχηματίζεται μια γωνία προς τα έξω (Εικόνα 50).



Εικόνα 52: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Sitophilus granarius* και *Oryzaephilus surinamensis*.

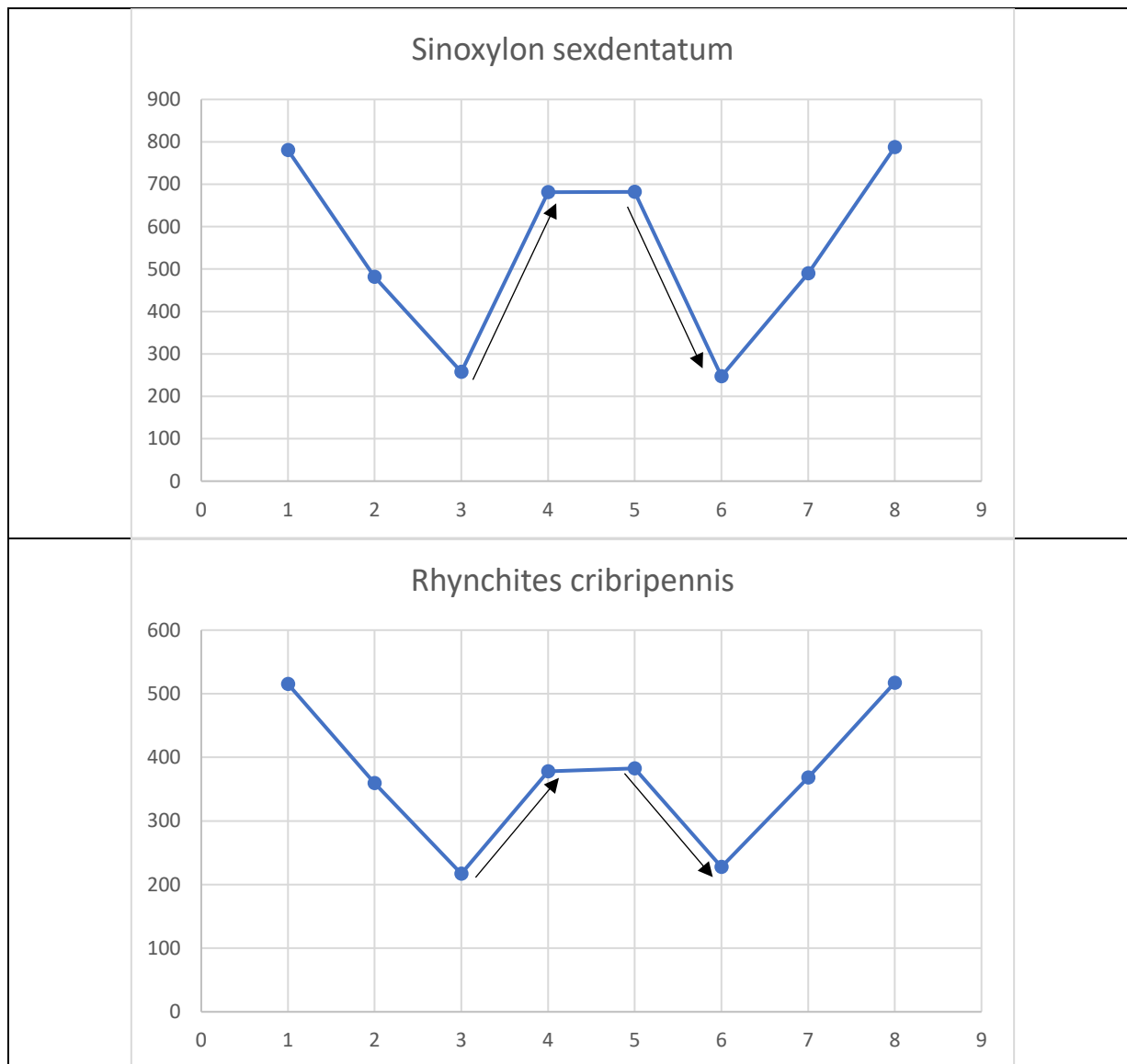
Έπειτα του *Ostrinia nubilalis* η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή διαφέρει από τα εξής: *Oulema melanopus*, *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

Το επόμενο έντομο είναι το *Oulema melanopus* του οποίου η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του έχει διαφορές με τα εξής έντομα: *Phloeotribus scarabaeoides*, *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

Εν συνεχεία είναι το *Phloeotribus scarabaeoides* με την ψηφιακή μορφολογική του υπογραφή να διαφέρει από τα παρακάτω έντομα: *Rhynchites cribripennis*, *Rodolia cardinalis*, *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

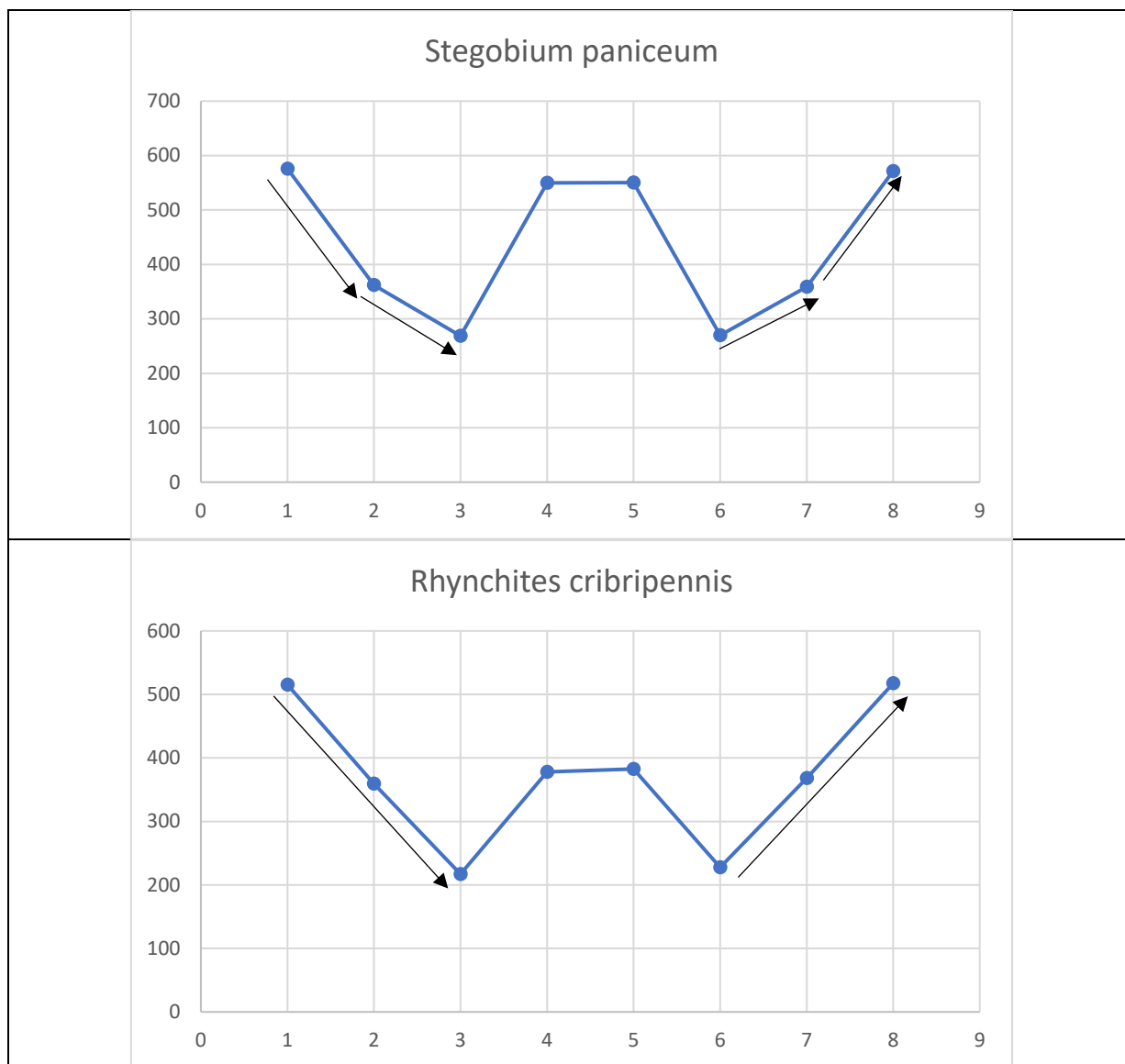
Το *Rhynchites cribripennis* όπου η ψηφιακή υπογραφή παρουσιάζει διαφορές από τα εξής: *Rodolia cardinalis*, *Sitophilus granarius*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Του εντόμου *Sinoxylon sexdentatum* η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή διαφέρει από το *Rhynchites cribripennis* ως προς τις γραμμές R3-R4 και R5-R6 που είναι μεγάλες σε μήκος στο *Sinoxylon sexdentatum* από το *Rhynchites cribripennis* που είναι μικρό το μήκος του (Εικόνα 51).



Εικόνα 53: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Sinoxylon sexdentatum* και *Rhynchites cribripennis*.

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου *Stegobium paniceum* διαφέρει από το *Rhynchites cribripennis* στις γραμμές R1-R2, R2-R3, R6-R7 και R7-R8 όπου δημιουργούν μια γωνία στο πρώτο έντομο ενώ στο δεύτερο διατηρούν ευθεία (Εικόνα 52).

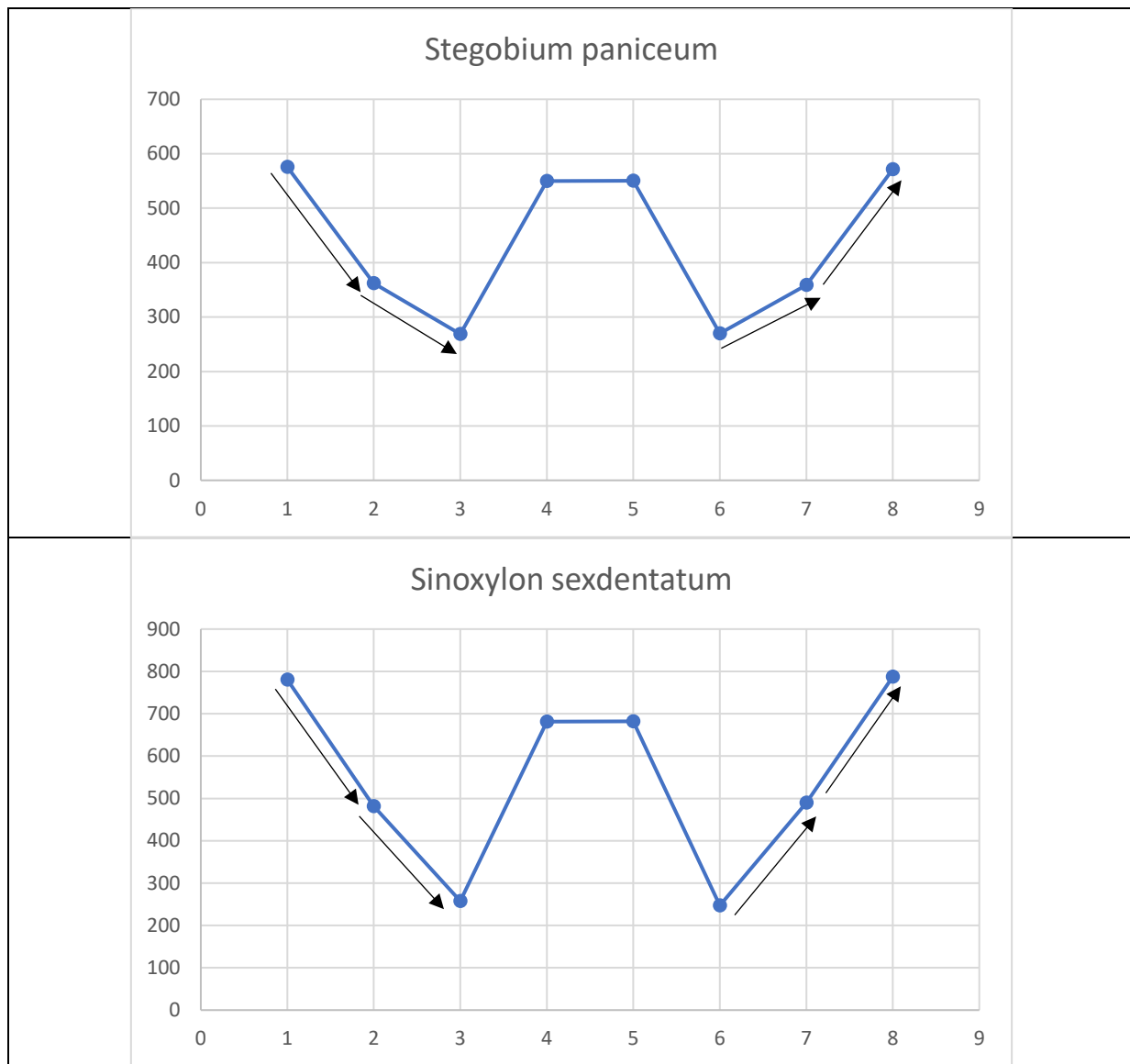


Εικόνα 54: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Stegobium paniceum* και *Rhynchites cribripennis*.

Έπειτα το έντομο *Rodolia cardinalis* με την ψηφιακή μορφολογική του υπογραφή να διαφέρει από τα παρακάτω: *Sinoxylon sexdentatum*, *Sitophilus granarius*, *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*.

Παρακάτω είναι το έντομο *Sinoxylon sexdentatum* όπου η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του διαφέρει από τα εξής: *Sitophilus granarius*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

Του εντόμου *Stegobium paniceum* η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή διαφέρει από το *Sinoxylon sexdentatum* με το πρώτο έντομο στα σημεία R2 και R7 να δημιουργεί μια γωνία ενώ στο δεύτερο στα ίδια σημεία να δημιουργείται γωνία αλλά πολύ μικρή (Εικόνα 53).



Εικόνα 55: Σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών υπογραφών των εντόμων *Stegobium paniceum* και *Sinoxylon sexdentatum*.

Έπειτα το *Sitophilus granarius* με την ψηφιακή μορφολογική του υπογραφή να διαφέρει από τα εξής: *Stegobium paniceum*, *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

Η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του *Stegobium paniceum* διαφέρει από τα *Stephanitis pyri* και *Zeuzera pyrina*

Και τέλος το *Stephanitis pyri* όπου η ψηφιακή μορφολογική υπογραφή του εντόμου αυτού διαφέρει από το *Zeuzera pyrina*.

6. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των «ψηφιακών υπογραφών» που προέκυψαν μέσω της μεθόδου ανίχνευσης και αναγνώρισης των εντόμων με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, προκύπτουν τα εξής:

- Η μεθοδολογία επέτρεψε την εξαγωγή διακριτών μορφολογικών μοτίβων για κάθε είδος εντόμου, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν ως «ψηφιακές ταυτότητες».
- Παρά τις μικρές αποκλίσεις που οφείλονται είτε σε ασυμμετρίες της αρχικής εικόνας είτε σε σφάλματα κατά τον καθορισμό των σημείων κλειδιών, το σύστημα αποδείχθηκε σε μεγάλο βαθμό αξιόπιστο για τη διάκριση συγγενών ειδών.
- Η μέθοδος παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με την αποκλειστικά οπτική ή εμπειρική αναγνώριση, καθώς μειώνει την πιθανότητα λανθασμένης ταξινόμησης.
- Το προτεινόμενο σύστημα θα μπορούσε να ενσωματωθεί σε ευρύτερες ρομποτικές και μηχανικές εφαρμογές γεωργίας ακριβείας, προσφέροντας ένα αξιόπιστο εργαλείο για την έγκαιρη αναγνώριση και διαχείριση επιβλαβών εντόμων.

Παρά τα θετικά αποτελέσματα, απαιτείται περαιτέρω βελτιστοποίηση της διαδικασίας τμηματοποίησης και εντοπισμού σημείων κλειδιών, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αποκλίσεις και να αυξηθεί η ακρίβεια αναγνώρισης.

7. Βιβλιογραφία

- Abbas, S., Abbas, M., Alam, A., Feng, X., Raza, A., Shakeel, M., ... & Chen, R. (2023). Dietary assessment across various life stages of seven-spotted lady beetle *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 84(1), 26.
- Ardkhongharn, N., Ravichotikul, R., Aksornchai, P., Weluwanarak, T., Chaiphongpachara, T., & Changbunjong, T. (2023). Wing geometric morphometrics to distinguish and identify *Haematobosca* flies (Diptera: Muscidae) from Thailand. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 21, 74-82.
- Beck, C. W., & Blumer, L. S. (2014). A handbook on bean beetles, *Callosobruchus maculatus*. *National Science Foundation*, 1-17.
- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*.
- Boyce D, Holland PWH, University of Oxford and Wytham Woods Genome Acquisition Lab *et al*. The genome sequence of the Ash-bark Knot-horn, *Euzophera pinguis* (Haworth, 1811) [version 1; peer review: 1 approved, 1 approved with reservations]. *Wellcome Open Res* 2023, 8:228.
- Cai, Z., & Vasconcelos, N. (2018). Cascade r-cnn: Delving into high quality object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 6154-6162).
- Camilo Pinchao, E., Kondo, T., & González F, G. (2015). *Rodolia cardinalis* (Mulsant)(Coleoptera: Coccinellidae), a new predator of *Crypticerya multicastrices* Kondo and Unruh (Hemiptera: Monophlebidae).
- Ge, Z., Liu, S., Wang, F., Li, Z., & Sun, J. (2021). YOLOX: Exceeding yolo series in 2021. *arXiv preprint arXiv:2107.08430*.
- Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 580-587).
- Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 1440-1448).
- Han, J., Ding, J., Xue, N., & Xia, G. S. (2021). Redet: A rotation-equivariant detector for aerial object detection. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 2786-2795).
- Han, J., Ding, J., Li, J., & Xia, G. S. (2021). Align deep features for oriented object detection. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 60, 1-11.
- He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., & Girshick, R. (2017). Mask r-cnn. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 2961-2969).
- Jones, W. A. (1988). World review of the parasitoids of the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.)(Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 81(2), 262-273.

- Kasinathan, T., Singaraju, D., & Uyyala, S. R. (2021). Insect classification and detection in field crops using modern machine learning techniques. *Information Processing in Agriculture*, 8(3), 446-457.
- Kathole, A. B., Katti, J., Lonare, S., & Dharmale, G. (2023). Identify and classify pests in the agricultural sector using metaheuristics deep learning approach. *Franklin Open*, 3, 100024.
- Le, V. L., Beurton-Aimar, M., Zemmari, A., Marie, A., & Parisey, N. (2020). Automated landmarking for insects morphometric analysis using deep neural networks. *Ecological Informatics*, 60, 101175.
- Lin, T. Y., Goyal, P., Girshick, R., He, K., & Dollár, P. (2017). Focal loss for dense object detection. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 2980-2988).
- Liu, L. Y., Ghahari, H., & Beaver, R. A. (2016). An annotated synopsis of the powder post beetles of Iran (Coleoptera: Bostrichoidea: Bostrichidae). *Journal of Insect Biodiversity*, 4(14), 1-22.
- Liu, L. Y., Schönlitzer, K., & Yang, J. T. (2008). A review of the literature on the life history of Bostrichidae. *Mitteilungen der Münchner Entomol. Gesellschaft*, 98, 91-97.
- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., & Berg, A. C. (2016, September). Ssd: Single shot multibox detector. In *European conference on computer vision* (pp. 21-37). Cham: Springer International Publishing.
- Lv, J., Li, W., Fan, M., Zheng, T., Yang, Z., Chen, Y., ... & Sun, C. (2022). Detecting pests from light-trapping images based on improved YOLOv3 model and instance augmentation. *Frontiers in Plant Science*, 13, 939498.
- Marcu, V., & Grozea, I. (2020). Analysis of different host plants and identifying non-polluting bioinsecticide strategies to control the invasive pest *Nezara viridula*. *Romanian Biotechnological Letters*, 25(5), 1877-1885.
- Mehrabadi, M., & Bandani, A. R. (2009). Assessing of α -amylase activity of midgut in wheat bug *Eurygaster maura*. *American Journal of Applied Sciences*, 6(3), 478.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788).
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2017). YOLO9000: better, faster, stronger. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 7263-7271).
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2016). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(6), 1137-1149.
- Soils, P. The Cereal Leaf Beetle: Biology, Distribution and Prospects for Control.
- Thenmozhi, K., & Reddy, U. S. (2017, November). Image processing techniques for insect shape detection in field crops. In *2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI)* (pp. 699-704). IEEE.
- Torres-Vila, L. M., Mendiola-Díaz, F. J., & Canelo, T. (2023). *Cerambyx cerdo* and *Cerambyx welensii* oak-living sympatric populations exhibit species-specific responses to face ecological factors in the wild. *Diversity*, 15(4), 545.

Yaakob, S. N., & Jain, L. (2012). An insect classification analysis based on shape features using quality threshold ARTMAP and moment invariant. *Applied Intelligence*, 37(1), 12-30.

Yang, X., Yan, J., Feng, Z., & He, T. (2021, May). R3det: Refined single-stage detector with feature refinement for rotating object. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence* (Vol. 35, No. 4, pp. 3163-3171).

Zhang, W., Xia, X., Zhou, G., Du, J., Chen, T., Zhang, Z., & Ma, X. (2022). Research on the identification and detection of field pests in the complex background based on the rotation detection algorithm. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1011499.

Ναβροζίδης Ι. Εμμανουήλ και Ανδρεάδης Σ. Στέφανος. (2012). Ειδική Γεωργική Εντομολογία. CopyCity Publish. Θεσσαλονίκη. σελ. 523

Παναγιώτης Α. Ηλιόπουλος. (2020). Διδακτικές σημειώσεις Γεωργική Ζωολογία & Εντομολογία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Τμήμα Γεωπονίας – Αγροτεχνολογίας. Λάρισα. σελ. 274.

<https://pra.eppo.int/pr/fa1c20e1-9d71-4097-ab1c-17bd747c88d5>

<https://www.fao.org/locusts-cca/bioecology/italian-locust-cit/en>

<https://gd.eppo.int>