

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών Τ.Ε.



PIRAEUS UNIVERSITY of APPLIED SCIENCES
FACULTY OF ENGINEERING
Department of Electronics Engineering

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Διαδικτυωμένα Ηλεκτρονικά Συστήματα

Master of Science in
Internetworked Electronic Systems

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανίχνευση και εκτίμηση ξένων υλών σε μάζα βαμβακιού



Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Γεώργιος-Παύλος Κακλιδάκης, Α.Μ. 0016

Επιβλέπων Καθηγητής: Σάββας Βασιλειάδης, Καθηγητής

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2018

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών Τ.Ε.



PIRAEUS UNIVERSITY of APPLIED SCIENCES
FACULTY OF ENGINEERING
Department of Electronics Engineering

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Διαδικτυωμένα Ηλεκτρονικά Συστήματα

Master of Science in
Internetworked Electronic Systems

MSc Thesis

Detection and estimation of foreign matters in cotton mass



Student: Kaklidakis, Georgios-Pavlos, Reg. Nr. 0016

MSc Thesis Supervisor: Savvas Vassiliadis, Professor

ATHENS-EGALEO, FEBRUARY 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το βαμβάκι αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες ίνες παγκοσμίως και με την πάροδο του χρόνου η επεξεργασία και η χρήση του στέκεται επάξια δίπλα στις πιο σημαντικές ανακαλύψεις που έκανε ο άνθρωπος. Από αρχαιοτάτων χρόνων μέχρι και σήμερα ο τομέας της βαμβακοκαλλιέργειας έχει εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό που η καλλιέργεια και συγκομιδή του βαμβακιού καθίσταται πιο συστηματική από ποτέ. Παρ'όλα αυτά δημιουργείται η ανάγκη εύρεσης τρόπων σύμφωνα με τους οποίους θα έχουμε την δυνατότητα να ανιχνεύσουμε, εκτιμήσουμε και να διαχωρίσουμε με όσο το δυνατόν πιο προσεγγμένο και σίγουρο τρόπο τις ξένες ύλες που υπάρχουν στην μάζα του βαμβακιού.

Η κύρια ερευνητική προσπάθεια επικεντρώνεται στη μέθοδο που αναπτύχθηκε για την εξέταση και ανάλυση διαφόρων δειγμάτων βαμβακιού καθώς και την μέτρηση και προσδιορισμό των θέσεων των ξένων σωματιδίων στο βαμβάκι με χρήση του προγράμματος MATLAB. Η τεχνική η οποία προτάθηκε περιλαμβάνει την συγγραφή κώδικα σε γλώσσα Matlab για την απεικόνιση των στοιχείων που μας ενδιαφέρουν στα διαθέσιμα δείγματα βαμβακιού και αποτελεί μία σίγουρη και καινοτόμο προσέγγιση με αξιόπιστες λύσεις όσον αφορά το πρόβλημα εκτίμησης των ξένων υλών. Αρχικά αναλύεται εκτενώς σε θεωρητικό υπόβαθρο ο ρόλος του βαμβακιού και εξετάζονται τα χαρακτηριστικά του. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τρόποι επεξεργασίας των ινών του βαμβακιού σε πρακτικό επίπεδο με χρήση των ειδικών μηχανημάτων. Τέλος στα τελευταία κεφάλαια παρατίθεται η μελέτη που πραγματοποιήθηκε η οποία περιλαμβάνει την σύγκριση μεταξύ των κάθε δειγμάτων, τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν καθώς και την καταγραφή και παρουσίαση των αποτελεσμάτων που ελήφθησαν μετά την ολοκλήρωση της ερευνητικής διαδικασίας.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ: βαμβάκι, ίνες βαμβακιού, διαχωρισμός, εκτίμηση, ξένη ύλη, δυνατότητα ανίχνευσης, MATLAB

ABSTRACT

Cotton is one of the most widespread fibers in the world and over time is next to the most important discoveries made by man. From ancient times to the present, the cotton sector has developed to such an extent that cotton growing and harvesting become easier than ever. Nevertheless, there is a need to find ways in which we will be able to detect, assess and separate as easily as possible and easily the foreign matter present in the cotton mass.

The main research effort focuses on the method developed for examining and analyzing various cotton samples as well as for measuring and determining the locations of foreign particles in cotton using the MATLAB program. The technique proposed includes the code for displaying the data that we are interested in in available cotton samples and is a safe and innovative approach with reliable solutions to the problem of residue assessment. Initially the role of cotton is extensively analyzed on a theoretical basis and its features are examined. Next are the methods of processing cotton fibers at a practical level using special machinery. Finally, in the final chapters there is a presentation of the study that includes the comparison between the samples, the measurements made and the recording and presentation of the results obtained after the completion of the research process.

KEYWORDS: cotton, cotton fiber, separation, evaluation, foreign matter, detection capability, MATLAB

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες, τον σεβασμό και την εκτίμησή μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σάββα Βασιλειάδη για την ηθική στήριξη και καθοδήγησή του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα σ' αυτό το σημείο να ευχαριστήσω τον μεταπτυχιακό φοιτητή του Πανεπιστημίου Tashkent Institute of Textile and Light Industry Sharof Shuxratov για την εξάριετη συνεργασία μας και τις πολύτιμες πληροφορίες που μου διέθεσε στο πλαίσιο αυτής της ερευνητικής προσπάθειας.

Ιδιαίτερη μνεία χρήζει η καθηγήτρια Μαρία Ραγκούση για την υποστήριξη και εμπιστοσύνη της καθ' όλη την διάρκεια της μεταπτυχιακής μου εκπαίδευσης.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο του Προσωπικού και των Καθηγητών του Μεταπτυχιακού προγράμματος «Διαδικτυωμένα Ηλεκτρονικά Συστήματα» του τμήματος των Ηλεκτρονικών Μηχανικών του ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ για τις πολύτιμες γνώσεις και πληροφορίες που μου μετέδωσαν κατά την διάρκεια της φοίτησής μου.

Θέλω να αφιερώσω την διπλωματική μου εργασία στους ανθρώπους εκτός του ακαδημαϊκού χώρου, στους φίλους και την οικογένειά μου που συνέβαλαν με την αμέριστη συμπαράσταση, κατανόηση και ψυχολογική υποστήριξη τους στην ολοκλήρωση του έργου αυτού. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καλό μου φίλο και συμφοιτητή Κωνσταντίνο Λέκκα για τις πολύτιμες συμβουλές του και την Δήμητρα Οικονόμου χωρίς την υποστήριξη της οποίας ελάχιστα θα είχαν επιτευχθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Αντικείμενο και διάρθρωση της εργασίας.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Θεωρητικό πλαίσιο.....	12
1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ.....	12
1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ.....	13
1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΙΝΩΝ ΤΟΥ.....	14
1.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΕΙΔΗ.....	14
1.4 ΚΛΙΜΑ, ΕΔΑΦΟΣ, ΣΠΟΡΑ, ΛΙΠΑΝΣΗ.....	16
1.4.1 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΕΚΚΟΚΚΙΣΗ.....	17
1.4.3 ΕΜΠΟΡΙΟ, ΧΡΗΣΕΙΣ.....	19
1.4.2 ΠΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ.....	19
1.5 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ.....	20
1.5.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΙΝΩΝ (Ratings of Fiber Properties).....	21
1.5.1.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΙΝΩΝ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ.....	22
1.5.1.2 ΜΗΚΟΣ ΙΝΩΝ – FIBER LENGTH.....	23
1.5.1.3 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ ΜΗΚΟΥΣ – LENGTH UNIFORMITY.....	24
1.5.1.4 ΑΝΤΟΧΗ ΙΝΩΝ – FIBER STRENGTH.....	24
1.5.1.5 MICRONAIRE – ΛΕΠΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑ.....	25
1.5.1.6 Χρωματισμός.....	27
1.5.1.7 Φυτικά κατάλοιπα.....	29
1.6 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΝΩΝ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ.....	29
1.6.1 ΕΚΚΟΚΚΙΣΗ - Προετοιμασία.....	29
1.6.1.1 Διαδικασία Εκκόκκισης.....	30
1.6.2 ΝΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ - Διαδικασία.....	32
1.6.2.1 Άνοιγμα - Καθαρισμός.....	33
1.6.2.2 Ανάμειξη (Mixing & Blending).....	33
1.6.2.3 Λανάρισμα (Carding).....	34
1.6.2.4 Χτένισμα (Combing).....	37

1.6.2.5 Τράβηγμα ή Λέπτυνση.....	38
1.6.2.6 Αδελφωμα νημάτων	39
1.6.2.7 ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΑ ΙΝΩΝ (NEPS).....	39
1.7 ΦΥΣΙΚΕΣ, ΧΗΜΙΚΕΣ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ	41
1.7.1 -1.7.1.1 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	41
1.7.1.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	41
1.7.1.3 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	42
1.8 Εφαρμογές	43
1.8.1 GRADING – ΠΟΙΟΤΗΤΑ.....	43
1.9 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ.....	45
1.9.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ	45
1.10 COTTON TRASH ANALYZER TB-500.....	49
1.10.1 Αρχή Λειτουργίας – Working Principle of the Trash Analyzer	50
1.10.2 Περιγραφή του οργάνου	50
1.10.3 Προετοιμασία των δειγμάτων.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Μεθοδολογία της έρευνας – Προτεινόμενη Μέθοδος.....	52
2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΞΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	52
2.1 Βασικές Αρχές.....	52
2.2 Δομή κώδικα – Διάγραμμα Ροής.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εφαρμογή και Αποτελέσματα	55
3 – 3.1 Παραδείγματα – 1^ο Μέρος	55
3.2 Παραδείγματα – 2^ο Μέρος.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ανάλυση Αποτελεσμάτων – Συζήτηση	62
4 Αποτελέσματα	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα – Προτάσεις	64
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ.....	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	71

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 - Καθαρό επεξεργασμένο βαμβάκι, συγκεντρωμένο και έτοιμο για εμπορευματοποίηση	18
Εικόνα 2 - Στάδια δημιουργίας βαμβακιού	20
Εικόνα 3 - Απεικόνιση ίνας βαμβακιού μέσα από μικροσκόπιο.....	22
Εικόνα 4 - Στάδια επεξεργασίας εκκόκκισης.....	31
Εικόνα 5 - Εκκοκκιστήριο - Στάδια Επεξεργασίας	31
Εικόνα 6 - Ανοικτικό μηχάνημα απόσπασης μαζών πρώτης ύλης.....	33
Εικόνα 7 - Διαδικασία ανάμιξης σε παρτίδες.....	34
Εικόνα 8 - (α) Μηχανή Λαναρίσματος, (b) Τα οδοντωτά στοιχεία λαναρίσματος.....	35
Εικόνα 9 - Λανάρι βαμβακερού συστήματος ή περιστρεφόμενης ψάθας.....	36
Εικόνα 10 - Χτενίστριες	37
Εικόνα 11 - Διαδικασία τραβήγματος	38
Εικόνα 12 – (α) Μηχανήματα περιέλιξης/στρίψης σε κωνοειδή μορφή, (β) Δομή δίκλωνου νήματος	39
Εικόνα 13 - Σχηματικό διάγραμμα του αναλυτή προσμίξεων	50
Εικόνα 14 – Αρχικό δείγμα βαμβακιού του πειράματος	55
Εικόνα 15 - Απεικόνιση διαφόρων σταδίων διαχωρισμού χρωματικής πληροφορίας της εικόνας	57
Εικόνα 16 - Παράδειγμα ενός βαμβακιού από κάθε είδος πάνω στα οποία έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί.....	59

Πίνακας 1 - Ιδιότητες των ινών του βαμβακιού	21
Πίνακας 2 - Πίνακας απεικόνισης των ιδιοτήτων της ίνας	23
Πίνακας 3 - Πίνακας Ομοιομορφίας Μήκους Ίνας	24
Πίνακας 4 - Πίνακας απεικόνισης κλίμακας του βαμβακιού	26
Πίνακας 5 - Στο παραπάνω γράφημα δίνεται ένα παράδειγμα στο οποίο φαίνεται η γραφική παράσταση της κατανομής της ανακλαστικότητας (Reflectance – (Rd)) και της κιτρινάδας (Yellowness – (+b)) για το αμερικανικό βαμβάκι Upland	28
Πίνακας 6 - Διάγραμμα διαδικασίας νηματοποίησης.....	32
Πίνακας 7 - Επιθυμητές τιμές ποιοτικών χαρακτηριστικών	44
Πίνακας 8 - Πίνακας παγκόσμιας χρήσης, προμήθειας και εμπορικής συναλλαγής του βαμβακιού την χρονολογική περίοδο 2013-2018.....	45
Πίνακας 10 - Παγκόσμια αναλογία αποθεμάτων βαμβακιού την περίοδο 1990 – 2017	46
Πίνακας 9 - Πίνακας κατάταξης βαμβακιού (Καλλιεργούμενη έκταση, απόδοση, παραγωγή, μεταβολές).....	46
Πίνακας 11 - Παραγωγή βαμβακιού ανά χώρα παγκοσμίως την περίοδο 2016 - 2017	47
Πίνακας 12 – (α) Οι χώρες με την μεγαλύτερη εισαγωγή και (b) εξαγωγή βαμβακιού (σε 1000 μετρικούς τόνους (MT))	47
Πίνακας 13 - Γράφημα σύγκρισης σοδειών βαμβακιού του Ουζμπεκιστάν με άλλες χώρες (κλίμακα μέτρησης χιλιόγραμμα ανά εκτάριο).....	48
Πίνακας 14 - Μετρήσεις που περιλαμβάνουν (α) το συνολικό εμβαδόν σε γραμμάρια, το εμβαδόν μόνο των φύλλων σε γραμμάρια, το ποσοστό του βαμβακιού επί του συνόλου, το ποσοστό των φύλλων στο βαμβάκι επί του συνόλου, τον συνολικό μέσο όρο των δειγμάτων κάθε είδους βαμβακιού και (β) το συνολικό εμβαδόν σε rixels, το εμβαδόν μόνο των φύλλων σε rixels, το ποσοστό των φύλλων στο βαμβάκι επί του συνόλου και τον συνολικό μέσο όρο των δειγμάτων κάθε είδους βαμβακιού	58
Πίνακας 15 - Πίνακες αποτελεσμάτων τριών διαφορετικών ειδών βαμβακιού	61

Αντικείμενο και διάρθρωση της εργασίας

Το βαμβάκι κατατάσσεται ανάμεσα στα πιο ενδιαφέροντα και σπουδαιότερα φυτά στον κόσμο, από οικονομικής πλευράς και όχι μόνο και κατέχει σημαντική θέση στην παγκόσμια αγορά. Αποτελεί την πιο άφθονα παραγόμενη ίνα στον κόσμο. Έχοντας υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία μέσω διάφορων τεχνικών, παλιότερα με την βοήθεια του χεριού ή μέσω ειδικών μηχανημάτων, το συναντάμε σε πολλά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα στην καθημερινότητα μας όπως υφάσματα, είδη ένδυσης, καλλυντικά και πολλά άλλα. Η καλλιέργεια του βαμβακιού είναι πολύ απαιτητική και χρειάζεται πολύ προσοχή κατά την διάρκεια της συλλογής του, δηλαδή της συγκομιδής και της επεξεργασίας του, με την τεχνική της εκκόκκισης, έτσι ώστε να μην καταστραφούν οι ίνες του βαμβακιού. Βασικό πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι το βαμβάκι περιέχει πλήθος από ξένα σωματίδια, στην επιφάνεια του και στις ίνες του. Ξένες ύλες όπως φύλλα, κλαδιά, πέτρες και χώμα κάνουν την εμφάνισή τους στο φυτό του βαμβακιού. Όσο περισσότερη ξένη ύλη συναντάται στο βαμβάκι, τόσο πιο χαμηλός θα είναι ο βαθμός της ποιότητας του. Η ποιότητα του βαμβακιού καθορίζει την τιμή μεταπώλησης του καθώς και την αντοχή του στην πάροδο του χρόνου, γι' αυτό μετά τα στάδια επεξεργασίας του το βαμβάκι θα πρέπει να είναι όσο πιο καθαρό γίνεται πριν την τελική διανομή και προώθηση του στην αγορά και το εμπόριο. Στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου υπάρχουν πολλές μέθοδοι και τεχνικές μέτρησης ξένων υλών στη μάζα του βαμβακιού με την πιο γνωστή να είναι ο αναλυτής ξένων υλών. Ειδικές συσκευές, οι αναλυτές ξένων σωμάτων (trash analyzers), διαχωρίζουν τις ξένες ύλες από τις ίνες του βαμβακιού επιτυγχάνοντας τον προσδιορισμό του ποσοστού ξένων υλών. Η υπάρχουσα μέθοδος ωστόσο είναι εκτός από αρκετά χρονοβόρα διαδικασία και πολύ δαπανηρή στο σύνολό της και επιδρά αρνητικά στην τελική ποιότητα των νημάτων του βαμβακιού, αφού ένας αναλυτής σωματιδίων αφαιρεί εκτός από τα ξένα σωματίδια και ένα ποσοστό ινών. Στη χώρα για την οποία δημιουργήθηκε η μέθοδος που χρησιμοποιείται στα πλαίσια αυτής της εργασίας, το Ουζμπεκιστάν, οι τρέχουσες συνθήκες καθιστούν δύσκολη την ανάλυση των

μαζών του βαμβακιού αφού δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές και τα απαραίτητα εργαλεία για την μέτρηση των περιεχομένων ξένων υλών στα σύσπορα βαμβάκια.

Η παρούσα εργασία προσπαθεί να αντιμετωπίσει το θέμα της εκτίμησης της περιεχόμενης ξένης ύλης, με όσο το δυνατόν καλύτερη ακρίβεια στην επεξεργασία και την ανάλυση των αποτελεσμάτων, παρέχοντας μέσω της συγγραφής ενός κώδικα στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Matlab, μια πιο γρήγορη και αξιόπιστη λύση όσον αφορά τον υπολογισμό και την εύρεση του ποσοστού των ξένων σωματιδίων σε δείγματα βαμβακιού, με μέτρηση του εμβαδού και των διαστάσεων του βαμβακιού στο σύνολο του καθώς και των περιεχομένων ξένων υλών. Γίνεται μια προσπάθεια συλλογής και καταγραφής των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν καθώς και ανάλυση των τελικών αποτελεσμάτων.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι απαραίτητες έννοιες για την κατανόηση του υπόλοιπου μέρους της διπλωματικής εργασίας και γίνεται εκτεταμένη ανάλυση και περιγραφή τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην μέθοδο που προτάθηκε και εξηγούνται οι βασικές αρχές, ο τρόπος εφαρμογής και η περιγραφή της διαδικασίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση των διαθέσιμων δειγμάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται συζήτηση για όλα όσα αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και αναφέρονται τυχόν δυσκολίες που είχαν επίπτωση στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο συγκεντρώνονται οι εκτιμήσεις και παρατίθενται τα συμπεράσματα από την ερευνητική προσπάθεια καθώς και από το σύνολο της εργασίας αυτής.

1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ

Το βαμβάκι είναι αγγειόσπερμο, δικότυλο πολυετές φυτό το οποίο ανήκει στην οικογένεια Malvaceae, [1]. Οι ίνες του βαμβακιού είναι υφαντικές ίνες φυτικής προέλευσης για ποικίλες χρήσεις, από τις πρώτες μάλιστα που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος. Προέρχεται από τους σπόρους που βρίσκονται μέσα στην κάψα των φυτών του γένους *Gossypium* και βοηθάει στην διασπορά των σπόρων για τον πολλαπλασιασμό του φυτού. Η ίνα αποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος της από κυτταρίνη. Το φυτό αυτό είναι ιθαγενές των τροπικών περιοχών της Αμερικής, της Αφρικής, της Αυστραλίας αλλά και της Ασίας. Είναι γνωστό από την αρχαιότητα και καλλιεργείται για τις ίνες του, [2]. Η ίνα έχει μήκος από 10 μέχρι 65 χιλιοστά και η διάμετρος του 11 με 22 μm. Το βαμβάκι έχει μεγάλη απορροφητική ικανότητα και η ιδιότητα του αυτή κάνει τα βαμβακερά υφάσματα να απορροφούν την υγρασία και τον ιδρώτα και γι' αυτό το λόγο τα αισθανόμαστε ποιο "άνετα" στο σώμα μας όταν ο καιρός είναι ζεστός. Περίπου το 60% της παγκόσμιας παραγωγής βαμβακιού χρησιμοποιείται για την κατασκευή ρούχων. Στις μέρες μας το βαμβάκι είναι η ίνα που χρησιμοποιείται περισσότερο στο κόσμο, όντας ποιο διαδεδομένη. Η καλλιέργεια βαμβακιού χρησιμοποιεί το 2,5% της διαθέσιμης καλλιεργήσιμης γης, με τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις βαμβακιού να ανέρχονται σε 330 εκατομμύρια και οι τόνοι βαμβακιού που παράγονται κάθε χρόνο ανέρχονται σε 25 εκατομμύρια. Όσον αφορά την παραγωγή του, την πρώτη θέση κατέχει η Κίνα και το μεγαλύτερο τμήμα της παραγωγής προέρχεται από το βόρειο ημισφαίριο και μεγαλύτερος εξαγωγέας είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, [2].

1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ

Το βαμβάκι όντας μια από τις παλαιότερες γνωστές ίνες στον άνθρωπο, η ιστορία του ξεκινάει από πολύ παλιά, με τις ρίζες τις να είναι εμφανείς από την αρχαιότητα και τους προϊστορικούς χρόνους. Δυστυχώς δεν υπάρχουν σίγουρες ενδείξεις για το που καλλιεργήθηκε αρχικά το βαμβάκι αν και σε ανασκαφές που έλαβαν χώρα στην Ινδία βρέθηκαν υπολείμματα υφασμάτων από βαμβάκι τα οποία υπολογίζονται γύρω στο 3000 π.Χ., [1]. Από άλλες ανασκαφές, βαμβακερά υφάσματα συγκρίσιμης ηλικίας έχουν κάνει την εμφάνιση τους στη Νότια Αμερική, [3]. Στην Ελλάδα το βαμβάκι πρωτοήρθε από την Ασία και ποιο συγκεκριμένα από την Ινδία την εποχή των εκστρατειών του Μεγάλου Αλεξάνδρου γύρω στο 325 π.Χ. Στη συνέχεια η καλλιέργειά του εξαπλώθηκε και στις άλλες ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου με γοργούς ρυθμούς, [1]. Παρόλο που η βαμβακερή ίνα ήταν ήδη γνωστή στη Νότια Αμερική, αφού καλλιεργούνταν από τους Ατζέκους, η βαμβακοκαλλιέργεια μεγάλης κλίμακας ξεκίνησε από τον 16ο αιώνα και μετά στη Βόρεια Αμερική με την άφιξη των αποίκων στα νότια τμήματα των σημερινών Ηνωμένων Πολιτειών και με την αυξανόμενη έκταση του δουλεμπορίου εξαπλώθηκε πολύ γρήγορα, [3]. Τα χρόνια εκείνα το βαμβάκι αναφερόταν ως “δέντρο”, γεγονός που αποδεικνύει ότι καλλιεργούσαν δενδροειδείς ποικιλίες βαμβακιού. Στην χώρα μας γίνεται αναφορά στην καλλιέργεια του βαμβακιού από τον Παισανία το 174 μ.Χ. αιώνα, με την ονομασία “βύσσος” στο βιβλίο που συνέγραψε με τίτλο “Ελλάδος Περιήγησις” και επεκτάθηκε ευρέως σε όλη την τότε χώρα γύρω στο 550 μ.Χ., [1]. Αναφορές σχετικά με το βαμβάκι παρατηρούνται και στην νομοθεσία του Ιουστινιανού κατά την περίοδο της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας. Η μεγαλύτερη αύξηση παραγωγής βαμβακιού σε εμπορική κλίμακα, συνδέεται με την εφεύρεση και κατασκευή της μηχανής εκκόκκισης βάμβακος από τον Eli Whitney το 1793, που είδε την ανάγκη για ταχύτερους τρόπους διαχωρισμού των ινών από τους σπόρους. Πριν από την ανάπτυξη των εκκοκκιστηρίων, ο μόνος τρόπος για να διαχωριστούν οι βαμβακερές ίνες από τους σπόρους ήταν με το χέρι. Με τη βοήθεια της νέας αυτής τεχνολογίας ήταν δυνατή η παραγωγή περισσότερων βαμβακερών ινών, με αποτέλεσμα ο τομέας της κλωστοϋφαντουργίας και της ύφανσης να αλλάξει ριζικά, ειδικά στην χώρα που

πρωτοεμφάνιστηκε η συγκεκριμένη εφεύρεση, την Αγγλία. Σήμερα, το βαμβάκι καλλιεργείται σε παγκόσμια κλίμακα σε περισσότερες από 80 χώρες [2], [3], [7], [23].

1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΙΝΩΝ ΤΟΥ

Το βαμβάκι είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών περιοχών της γης με το ύψος του να κυμαίνεται από 30-300 εκατοστά, με χαμηλή σχετικά διακλάδωση. Στις δενδροειδείς ποικιλίες οι βλαστοί του διακλαδώνονται φτάνοντας μέχρι ύψους δύο (2) μέτρων. Τα άνθη του είναι μεγάλα με λευκό χρώμα, [10], ενώ τα φύλλα είναι μεγάλα εναλλασσόμενα τρίλοβα και φτάνουν μέχρι επτάλοβα και έχουν μακρύ μίσχο. Στη βάση του μίσχου βρίσκονται δύο μικρά παράφυλλα συνήθως οδοντωτά. Τα άνθη που βγαίνουν από τα φύλλα είναι μεγάλα και παράγονται από ανθοφόρους οφθαλμούς. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί στην αρχή τους μοιάζουν με μικρές πυραμίδες και στο στάδιο αυτό τα άνθη του λέγονται χτένια. Ο καρπός του όταν ωριμάσει, σκάει και όταν ανοίγει έχει 8-10 σπόρους που περιβάλλονται από μακριές, λευκές και ανθεκτικές ίνες. Οι ίνες του αποτελούν στην ουσία τρίχες του σπόρου φτιαγμένες από ένα μοναδικό κύτταρο. Αποτελούνται στο μεγαλύτερο μέρος τους από στρώματα εναποθέσεων κυτταρίνης σε διαδοχική σειρά, [1],[10]. Για να σχηματιστούν οι ίνες περνάνε από δύο στάδια:

1. Το στάδιο της επιμήκυνσης, όπου η ίνα αυξάνεται μέχρι να αποκτήσει το τελικό της μήκος και
2. Το στάδιο της πάχυνσης των τοιχωμάτων της.

Το πρώτο στάδιο διαρκεί 15-20 ημέρες, ενώ το δεύτερο είναι ποιο μεγάλης διάρκειας.

1.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΕΙΔΗ

Τα είδη που καλλιεργούνται σήμερα είναι κυρίως τέσσερα (4).

- 1) Το **Gossypium hirsutum** (Αδρότριχο βαμβάκι ή Χνουδωτό ή Αμερικανικό ή upland). Αποτελεί το πιο κοινά καλλιεργούμενο είδος βαμβακιού στον κόσμο, όντας ιθαγενές της Γουατεμάλας και του Μεξικού, δίνει πάνω από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής

και φτάνει σε ύψος τα 1 – 1,5 μέτρα. Αποτελεί το μοναδικό είδος που καλλιεργείται στην Ελλάδα και είναι πολυετές αλλά στην Ελλάδα καλλιεργείται ως μονοετές γιατί δεν επιβιώνει στους κρύους χειμώνες. Το μήκος των ινών που παράγει κυμαίνεται από 13 – 33 mm. Τα άνθη του είναι λευκά όταν ανοίξουν αλλά στην πορεία αλλάζουν χρώμα και γίνονται κόκκινα ή μοβ. Το βαμβάκι που δίνει είναι αρκετά καλής ποιότητας με μεγάλη αντοχή, ελαστικότητα, πολύ καλή ομοιομορφία αλλά χαμηλότερη απόδοση [1], [4].

- 2) Ακολουθεί το **Gossypium herbaceum (Πούδες βαμβάκι ή κινέζικο ή ανατολικό)**. Το συγκεκριμένο είδος βρίσκεται στο Πακιστάν, στην Ινδία και σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής. Παλαιότερα η καλλιέργεια του ήταν πολύ διαδεδομένη αλλά σήμερα οι καλλιέργειες του έχουν αντικατασταθεί από το χνουδωτό βαμβάκι, για το οποίο μιλήσαμε προηγουμένως, που είναι πολύ καλύτερης ποιότητας. Στην Ελλάδα καλλιεργούνταν μέχρι το 1950 στη Λιβαδειά και στις Σέρρες όπου ήταν γνωστό με την ονομασία Δαδιώτικο, [1], [4].
- 3) Το **Βαρβαδινό βαμβάκι αιγυπτιακό ή βαρβαδινό ή μακρόνιο (Γοσσύπιον το βαρβαδινόν - Gossypium barbadense)** Αποτελεί πολυετές φυτό με τα περισσότερα να είναι δενδροειδή φτάνοντας σε ύψος από τα 5 μέχρι και τα 6 μέτρα. Η καταγωγή του είδους αυτού είναι η λατινική Αμερική και σήμερα καλλιεργείται στην Αίγυπτο, το Σουδάν, σε πρώην Σοβιετικές χώρες, στις Η.Π.Α., στη Βραζιλία και το Περού. Αποτελεί το 8% της παγκόσμιας παραγωγής [4]. Τα κλαδιά του είναι πλάγια και τα φύλλα του έχουν μεγάλες σχισμές. Τα σπόρια του είναι κυανού χρώματος και τα άνθη κιτρινωπά με μία κηλίδα στη βάση του κάθε πέταλου. Οι ίνες του είναι καλής ποιότητας, λεπτές και μαλακές. Είναι μακρύτερες από όλα τα είδη και φτάνουν και τα 50 χιλιοστόμετρα, [1], [4].
- 4) Τέταρτο και τελευταίο είδος αποτελεί **Δενδρώδες βαμβάκι ή Ινδικό (Γοσσύπιον το δενδρώδες - Gossypium arboreum)**. Μπορούμε να το βρούμε αυτοφυές στο Πακιστάν, τη Σρι Λάνκα και την Ινδία. Θεωρείται ιερό φυτό γι αυτό βρίσκεται έξω από πολλούς ναούς. Οι ίνες του είναι πολύ κοντές και όχι τόσο καλής ποιότητας γι αυτό η καλλιέργεια του είναι πολύ περιορισμένη, [1], [4].

Τα διπλοειδή **Gossypium hirsutum** και **Gossypium barbadense**, που αποτελούν το 98% της σύγχρονης παγκόσμιας παραγωγής βαμβακιού, είναι γνωστά ως βαμβάκια του νέου κόσμου, ενώ τα τετραπλοειδή **Gossypium herbaceum** και **Gossypium arboreum**, πρωτοκαλλιεργήθηκαν χιλιάδες χρόνια πριν με την αύξηση τους να παρατηρείται πριν το 1900 και είναι γνωστά ως βαμβάκια του παλαιού κόσμου, [4].

1.4 ΚΛΙΜΑ, ΕΛΑΦΟΣ, ΣΠΟΡΑ, ΛΙΠΑΝΣΗ

Το βαμβάκι είναι φυτό που απαιτεί σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Το καταλληλότερο κλίμα για τη σωστή ανάπτυξη του διαφέρει από εποχή σε εποχή. Σε περίπτωση που οι βροχοπτώσεις είναι συχνές, δεν θα πρέπει να είναι μεγάλης έντασης διότι μπορεί να καταστρέψουν τις ίνες του βαμβακιού και εν τέλει το βαμβάκι καθεαυτό. Ως κατάλληλα εδάφη θεωρούνται τα αμμοπηλώδη με αρκετή ποσότητα αργίλου, οργανικές ουσίες και λίγο άζωτο και φώσφορο. Για την κανονική του ανάπτυξη χρειάζεται η θερμοκρασία να κυμαίνεται από 25 – 30 βαθμούς κελσίου (°C). Το διάστημα από την σπορά μέχρι την συγκομιδή διαρκεί 5–6 μήνες. Στο διάστημα αυτό η θερμοκρασία απαγορεύεται αυστηρά να κατέβει κάτω από το μηδέν, [4]. Η απόδοση σε παραγωγή δεν επηρεάζεται εάν το χωράφι φυτεύεται για πολλά χρόνια. Στην Ελλάδα λόγω έλλειψης μεγάλων εκτάσεων καλλιεργείται στο ίδιο χωράφι για πολλά χρόνια και πολλές φορές, [1].

Επειδή το βαμβάκι είναι αρκετά ευαίσθητο φυτό η καταπολέμηση των ζιζανίων είναι αρκετά δύσκολη υπόθεση για τους καλλιεργητές καθώς προκαλούν ζημιές στο στάδιο ανάπτυξης του φυτού με μοιραία συνήθως αποτελέσματα, γι' αυτό και η ύπαρξη τους μπορεί να μειώσει αισθητά την παραγωγή. Στην Ελλάδα η καλύτερη εποχή για σπορά είναι από τις αρχές Απριλίου έως τα μέσα Μαΐου. Το όψιμο βαμβάκι σπέρνεται στις βόρειες περιοχές και το πρώιμο στις νότιες και η θερμοκρασία κατά τη σπορά πρέπει να διατηρείται γύρω στους 15 βαθμούς καθώς χαμηλότερες θερμοκρασίες καθυστερούν το βαμβάκι απ' το να φυτρώσει και οι μύκητες αργά ή γρήγορα είναι δεδομένο ότι θα κάνουν την εμφάνισή τους στους σπόρους.

Το βαμβάκι δεν εξαντλεί το έδαφος από τα θρεπτικά του στοιχεία, παρ'όλα αυτά μερικές φορές χρειάζεται λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα, [1], [7].

1.4.1 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΕΚΚΟΚΚΙΣΗ

Η εκκόκκιση αποτελεί το πρώτο στάδιο επεξεργασίας του βαμβακιού μετά την παραγωγή και την αγροτική καλλιέργεια. Με τον όρο "εκκόκκιση" κάνουμε λόγο για τον διαχωρισμό των συστατικών που περιέχονται στον καρπό του βαμβακιού, ώστε να είναι εφικτή η περαιτέρω επεξεργασία για τη παραγωγή νήματος, υφάσματος ή άλλων υποπροϊόντων [5]. Ο χρόνος που θα σπαρθεί το βαμβάκι καθορίζεται από τις καιρικές συνθήκες της περιοχής στην οποία θα καλλιεργηθεί. Σπέρνεται σε σειρές με την μεταξύ τους απόσταση να είναι περίπου 40-50 cm. Για κάθε στρέμμα απαιτούνται 4-6 kg σπόρου και οι καρποί του αρχίζουν να ωριμάζουν από κάτω προς τα επάνω. Όταν το φυτό του βαμβακιού καρποφορεί, τότε οι σπόροι περιέχονται σε κάψες που περιέχουν κατά μέσο όρο, ανάλογα με το πόσο βάρος έχουν, ίνες για την κατασκευή νήματος σε ποσοστό τουλάχιστον 30% και βαμβακόσπορο για επεξεργασία σε ποσοστό που φτάνει τα 50%. Το 20% που υπολείπεται περιλαμβάνει φύλλα, κλαδιά και μικρού μήκους ίνες. Φυσικά τα ποσοστά διαφέρουν ανά χώρα, ποικιλία, ένταση καλλιέργειας κλπ, [5]. Η συλλογή του βαμβακιού μπορεί να επαναληφθεί 3-4 φορές, ακόμα και περισσότερες, τόσες όσες χρειάζονται για να συλλεχθεί όσο γίνεται περισσότερο βαμβάκι υψηλής ποιότητας, [7], [16], [10]. Η συγκομιδή γίνεται με ειδικές μηχανές συλλογής βάμβακος, που είναι πιο σύνηθες ή με το χέρι που είναι δαπανηρή διαδικασία αφού απαιτεί σημαντικά έξοδα και συνάμα είναι πιο επίπονη και αργή διαδικασία, αλλά το βαμβάκι είναι πιο καθαρό και έτσι έχει και καλύτερη τιμή στο εμπόριο, [1]. Η συλλογή με μηχανές είναι φυσικά πολύ γρηγορότερη και αποδοτικότερη παρά το υψηλό κόστος που απαιτούν τα μηχανήματα για την αγορά και την συντήρησή τους. Μετά τη συγκομιδή το βαμβάκι συγκεντρώνεται σε μεγάλες ειδικές κλούβες και μεταφέρεται στο εκκοκκιστήριο. Εκεί πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των ινών από σπόρους, φύλλα, κλαδάκια και άλλα ξένα σωματίδια με τη βοήθεια σύγχρονων μηχανημάτων, [1]. Η εκκόκκιση γίνεται περίπου 3 μήνες μετά τη συλλογή και το προϊόν αποθηκεύεται σε αεριζόμενες αποθήκες. Το βαμβάκι δεν θα πρέπει να εκτίθεται σε υγρασία για πολλές ημέρες

γιατί αλλοιώνεται το χρώμα του, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του και καταστρέφεται, [1],[4]. Μετά την εκκόκκιση ακολουθούν μερικά στάδια επιπλέον καθαρισμού και στρωσίματος των ινών και ξήρανση του εκκοκκισμένου πλέον βαμβακιού για να διατηρήσει τα χαρακτηριστικά που χρειάζονται στα επόμενα στάδια επεξεργασίας. Τα περισσότερα εκκοκκιστήρια διαθέτουν μηχανισμούς που καθαρίζουν το βαμβάκι και απομακρύνουν τα διάφορα ξένα σώματα όπως χώμα, φύλλα και σπόρους, [1], [4]. Μετά από τις διαδικασίες αυτές τα εκκοκκισμένα βαμβάκια, καθαρά πλέον και απαλλαγμένα από ξένα σώματα συμπιέζονται και συσκευάζονται σε μπάλες τυποποιημένου βάρους, δένονται, τυλίγονται, καταγράφεται η ποιότητα τους και μετά την απόκτηση ταυτότητας στοιχείων είναι έτοιμα για διανομή και προώθηση στο εμπόριο, [1], [4], [13].



Εικόνα 1 - Καθαρό επεξεργασμένο βαμβάκι, συγκεντρωμένο και έτοιμο για εμπορευματοποίηση

1.4.3 ΕΜΠΟΡΙΟ, ΧΡΗΣΕΙΣ

Η βασικότερη χρήση του βαμβακιού είναι η κατασκευή υφασμάτων. Στην υφαντουργία οι ίνες του αποτελούν την κυριότερη πρώτη ύλη. Αν και τα βαμβακερά υφάσματα είναι πολύ καλής ποιότητας, στις μέρες μας τα αντικαθιστούν με συνθετικά διότι κοστίζουν λιγότερο, [1]. Στην Ελλάδα κάθε χρόνο καλλιεργούνται 1.500.000 στρέμματα, ενώ η παραγωγή του βαμβακιού στη χώρα μας φτάνει τους 270.000 τόνους και σε ίνες τους 100.000 τόνους. Καλλιεργείται κυρίως στη Μακεδονία, τη Θεσσαλία και τη Στερεά Ελλάδα, [1], [10].

1.4.2 ΠΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ

Το βαμβάκι έχει ύψος περίπου 40 εκατοστών, με φύλλα και κόκκινα και κίτρινα λουλούδια. Όταν γονιμοποιηθεί το λουλούδι, χάνει τα πέταλά του και μέσα σε διάστημα περίπου ενός μήνα αναπτύσσεται μια κάψα που έχει την μορφή μικρού καρυδιού. Η κάψα έχει σχήμα σταγόνας στρογγυλευμένο στο κάτω άκρο και αποτελεί τον καρπό του φυτού. Μέσα στην κάθε κάψα μπορεί να υπάρχουν μέχρι και τριάντα σπόροι πάνω στους οποίους έχει αναπτυχθεί η ίνα, [10]. Όταν ωριμάσει η κάψα, ανοίγει και εμφανίζεται το σύσπορο βαμβάκι. Η ωρίμανση της κάψας, δηλαδή το άνοιγμα της μπορεί να διαρκέσει δύο ως τρεις βδομάδες και είναι χρονοβόρα διαδικασία και ο χρόνος ωρίμανσης δεν είναι ίδιος για όλα τα είδη καρυδιού. Η συγκομιδή του πραγματοποιείται μία εβδομάδα τουλάχιστον μετά την ωρίμανση. Η πρώτη ενέργεια μετά τη συγκομιδή είναι η εκκόκκιση, τρόπος με τον οποίο απομακρύνονται και διαχωρίζονται ουσιαστικά οι ίνες από τους σπόρους. Ο εκτιμώμενος μέσος όρος των ινών ανά σπόρο ανέρχεται στις 4000 ίνες, [3], [10].



Εικόνα 2 - Στάδια δημιουργίας βαμβακιού

Η ποιότητα του εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο μεγαλώνει το φυτό. Αυτό δεν αναφέρεται απαραίτητα στις κλιματολογικές συνθήκες. Σημαντικοί παράγοντες είναι η φύση του εδάφους και η γεωγραφική του θέση. Η ποιότητα του βαμβακιού εξαρτάται από το χρώμα, το μήκος των ινών του κτλ, [6], [10].

- Η ποιότητα του βαμβακιού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την εξωτερική εμφάνιση του και προσδιορίζεται με βάση το χρώμα και την περιεκτικότητα των ξένων σωματιδίων, [10].
- Το χρώμα αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την αξιολόγηση του βαμβακιού. Μπορεί να έχει χρωματική απόχρωση από λευκό ως και το γκρι, [10].
- Καλό βαμβάκι είναι εκείνο του οποίου οι ίνες είναι ομοιογενείς και ομοιόμορφες και πιο ισχυρές και ανθεκτικές, ώστε να αντιστέκονται στις μηχανικές καταπονήσεις, [10].

1.5 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

Το βαμβάκι, έχει πολλά χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες του είναι πολυάριθμες όπως:

- Είναι μαλακό και άνετο στο χέρι
- Έχει καλή απορροφητικότητα
- Βάφεται εύκολα
- Μπορεί να εκτυπωθεί εύκολα (σε περίπτωση υφάσματος)

- Μπορεί να πλυθεί στο πλυντήριο (σε περίπτωση υφάσματος)
- Έχει καλή αντοχή στην θερμότητα και τα απορρυπαντικά
- Είναι ως και 20% ανθεκτικότερο όταν είναι υγρό παρά ξηρό
- Σε περίπτωση παρατεταμένης έκθεσης στον ήλιο μπορεί να καταστραφεί
- Είναι εύκολο στο χειρισμό και το ράψιμο, [10].

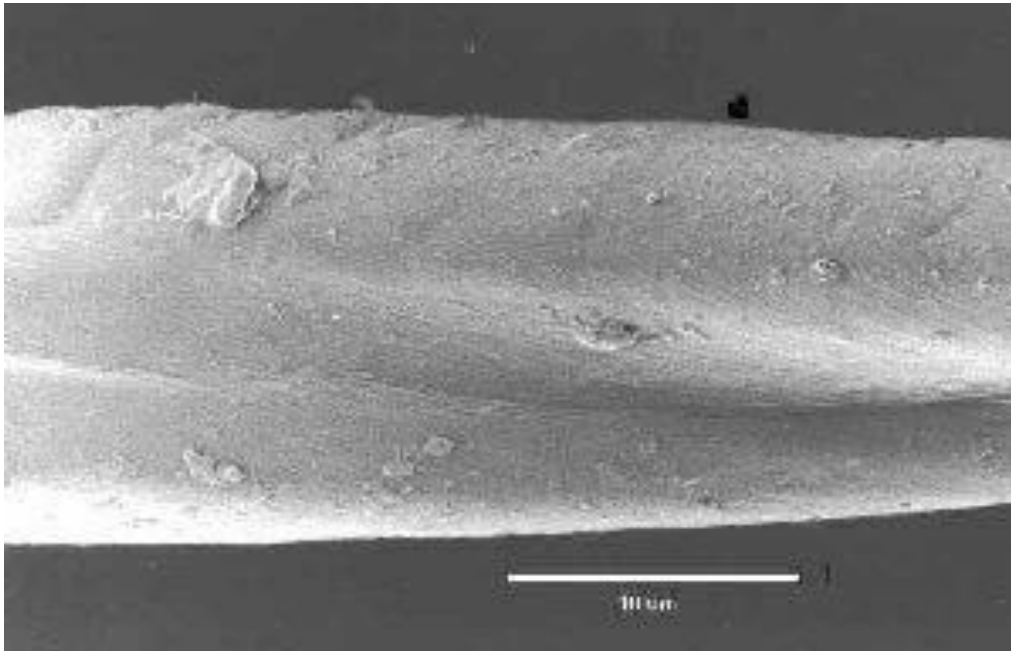
1.5.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΙΝΩΝ (Ratings of Fiber Properties)

Οι ιδιότητες των ινών σύμφωνα με την Cotton Inc. κατατάσσονται σε κατηγορίες όπως φαίνονται στην εικόνα και αναλύονται διεξοδικά παρακάτω:

Μήκος & ομοιομορφία Ανώτερο μισό μέσο μήκος		Ικανότητα ινών (1/8 ιντσών αντοχή σε γραμμάρια / tex)	
Κάτω από 0.99	Μικρός	20 και παρακάτω	Πολύ αδύναμο
0.99-1.10	Μεσαίο	21-25	Αδύναμος
1.11-1.26	Μακρύς	26-29	Βάση
Πάνω από 1.26	Πολύ μακρύς	30-32	Ισχυρός
Δείκτης ομοιομορφίας		32 και άνω	Πολύ δυνατός
Κάτω από 77	Πολύ χαμηλά	Επιμήκυνση ινών (%)	
77-79	Χαμηλός	Κάτω από 5.0	Πολύ χαμηλά
80-82	Χαμηλός	5.0-5.8	Χαμηλός
83-85	Υψηλός	5.9-6.7	Μέση τιμή
Πάνω από 85	Πολύ ψηλά	6.8-7.6	Υψηλός
Λεπτότητα ινών		Πάνω από 7.6	Πολύ ψηλά
Λεπτότητα (millitex)	Περιγραφή	Ωριμότητα ινών	
Κάτω από 135	Πολύ ωραία	Συντελεστής λήξης	Περιγραφή
135-175	Πρόσπιμο	Κάτω από 0,7	Ασυνήθης
175-200	Μέση τιμή	0.7-0.8	Ανώριμος
200-230	Τραχύς	0.8-1.0	Ωριμος
Πάνω από 230	Πολύ χονδροειδής	Πάνω από 1.0	Πολύ ώριμη

Πίνακας 1 - Ιδιότητες των ινών του βαμβακιού

1.5.1.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΙΝΩΝ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ



Εικόνα 3 - Απεικόνιση ίνας βαμβακιού μέσα από μικροσκόπιο

Specific gravity	1.54
Strength (Tenacity)	3.0 - 4.9 g/d (cotton is 20% stronger when wet) fiber elongation is almost linear to the stress imposed
Elasticity	Relatively low
Absorbency and Moisture Regain	7-8% at standard conditions
Birefringence	0.046
Dielectric constant	3.9-7.5
Resistivity	Order of 10^9 ohm/cm ³
Micronaire	2.0 - 6.5 (upland cotton)
Denier	0.7 - 2.3 (upland cotton)
Length	0.9 - 1.2 in (upland cotton)
Diameter	9.77 - 27.26
Coefficient of friction	0.25 (for raw dry cotton, otherwise strongly changes for treated and/or wet fiber)
Thermal Properties	Decomposes when exposed at the temperatures about 300°F

Πίνακας 2 - Πίνακας απεικόνισης των ιδιοτήτων της ίνας

1.5.1.2 ΜΗΚΟΣ ΙΝΩΝ – FIBER LENGTH

Το μήκος των ινών περιγράφεται ως το τυπικό μήκος των ινών, [3]. Αν και το μήκος των ινών καθορίζεται από τα γενετικά του χαρακτηριστικά, επηρεάζεται από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους καθώς επίσης και η θρεπτική κατάσταση της φυτείας. Η μέτρηση του γίνεται με διάφορους τρόπους από τους οποίους ο πιο ακριβής και εκείνος που έχει επικρατήσει μέχρι σήμερα είναι με χρήση των HVI (High Volume Instrument). Το HVI σαρώνει ένα δείγμα ινών μετρώντας το τυπικό μήκος τους. Το μήκος πολλών ειδών βαμβακιού κυμαίνεται μεταξύ 18-37 mm. Μεγαλύτερη ομοιομορφία δεν σημαίνει απαραίτητα ότι το βαμβάκι θα είναι καλύτερης ποιότητας και αυτό γιατί εξαρτάται την χρήση για την οποία προορίζεται το νήμα. Το σίγουρο είναι ότι με αυξημένο ποσοστό ομοιομορφίας αναμένεται και μεγαλύτερη αντοχή, [12].

1.5.1.3 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ ΜΗΚΟΥΣ – LENGTH UNIFORMITY

Η ομοιομορφία ή αλλιώς ομοιομορφία του μήκους προσδιορίζεται ως "ο λόγος μεταξύ του μέσου μήκους και του τυπικού μήκους των ινών και εκφράζεται σε ποσοστό", [10]. Λόγω της φυσικής απόκλισης του μήκους των ινών, η ομοιομορφία μήκους δεν θα είναι ποτέ 100 %. Για να έφτανε η ομοιομορφία μήκους το 100 %, θα έπρεπε όλες οι ίνες του βαμβακιού να έχουν το ίδιο μήκος, με αυτό να σημαίνει αυτομάτως ότι το μέσο- και το τυπικό μήκος θα ήταν το ίδιο. Στον Πίνακα 3 που απεικονίζεται πιο πάνω μπορούμε να ερμηνεύσουμε την ομοιομορφία του μήκους σύμφωνα με τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα μας. Το βαμβάκι με χαμηλό δείκτη ομοιομορφίας είναι πιθανό να έχει υψηλό ποσοστό κοντών ινών και τελικά από αυτό παράγονται νήματα χαμηλής ποιότητας, [12].

Uniformity Index = Mean Length / Upper Half Mean Length

Uniformity Index	Description
Below 77	Very low
77 to 80	Low
81 to 84	Medium
85 to 87	High
87 and Higher	Very High

Πίνακας 3 - Πίνακας Ομοιομορφίας Μήκους Ίνας

1.5.1.4 ANTOXH INΩN – FIBER STRENGTH

Η αντοχή των ινών θεωρείται ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ινών και μετριέται σε γραμμάρια ανά *denier* (g/d) ή σε *centi-Newton* ανά *Tex* (cN/Tex). Είναι δύναμη θραύσης μιας δέσμης ινών, γραμμικής πυκνότητας μιας μονάδας tex. Η αντοχή θραύσεως του καθορίζεται από την ποικιλία και την ωριμότητα της ίνας. Επιπλέον η αντοχή του νήματος επηρεάζεται από το μήκος, τη λεπτότητα και την ελαστικότητα των ινών. Εξαρτάται επίσης από το ποσοστό υγρασίας που περιέχεται στην ίνα, [7], [12], [10].

Η επιμήκυνση αυτή εκφράζεται ως ποσοστό του αρχικού μήκους της ίνας και μετριέται κατά την θραύση, [12].

1.5.1.5 MICRONAIRE – ΛΕΠΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑ

Micronaire, ονομάζεται η ένδειξη ή μέτρηση της λεπτότητας και της ωριμότητας των ινών και είναι μεγάλης σημασίας για την επεξεργασία και την ποιότητα των ινών. Η λεπτότητα μπορεί να οριστεί ως μάζα ανά μονάδα μήκους της ίνας (gravimetric fitness) είτε ως βιολογική λεπτότητα (biological fitness) και καθορίζεται από τη διάμετρο της παραγόμενης ίνας και η ωριμότητα κατά πόσο έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία δημιουργίας του πάχους του δευτερογενούς τοιχώματος της ίνας. Μία σταθερή μάζα βαμβακερών ινών συμπιέζεται σε έναν χώρο με σταθερές διαστάσεις και λαμβάνονται μετρήσεις διαπερατότητας αέρα από το συμπιεσμένο δείγμα και προκύπτει η ένδειξη της λεπτότητας – ωριμότητας, [10], [12]. Εδώ θα πρέπει να προσθέσουμε ότι η τιμή micronaire δεν αντιπροσωπεύει πάντα την πραγματική λεπτότητα της ίνας, αλλά μια μέση τιμή μεταξύ λεπτότητας και ωριμότητας. Η λεπτότητα των ινών επηρεάζει την παραγωγική διαδικασία, την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας βαφής και φινιρίσματος, την υφή και την διάρκεια ζωής του προϊόντος, [16]. Μπορεί να επηρεαστεί κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου από περιβαλλοντικές συνθήκες όπως υγρασία, θερμοκρασία, ηλιακό φως, θρεπτικά στοιχεία φυτών και ακραίες συνθήκες. Κάθε παράγοντας που επηρεάζει την θρέψη του φυτού έχει και άμεση επίδραση στην εναπόθεση κυτταρίνης και την δημιουργία δευτερογενούς τοιχώματος, ενώ η ξηρασία και οι χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνουν την δημιουργία του τοιχώματος αυτού. Αντίθετα υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να δημιουργήσουν πιο παχιά τοιχώματα εφόσον το νερό και τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά δεν είναι περιοριστικοί παράγοντες, [12]. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι μέτρησης και εκτίμησης της λεπτότητας και της ωριμότητας της ίνας. Οι μέθοδοι αυτοί διακρίνονται σε **τέσσερις (4)** κατηγορίες:

- 1) Βαρυμετρικές μέθοδοι,
- 2) Οπτικές μέθοδοι,
- 3) Πνευματικές μέθοδοι (αεροδιαπερατότητας),
- 4) Δονητικές μέθοδοι.

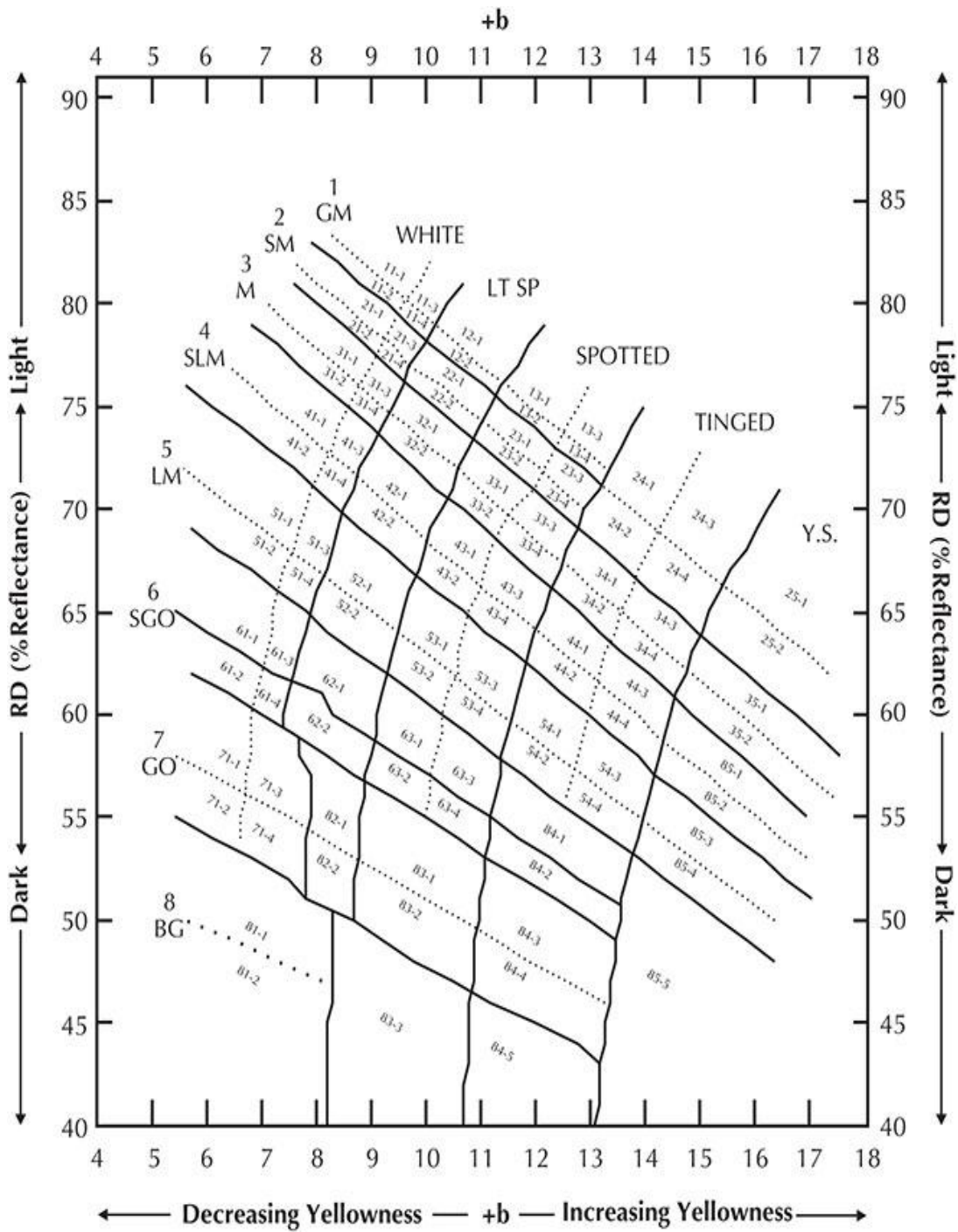
Από τους πιο σύγχρονους τρόπους προσδιορισμού της λεπτότητας και της ωριμότητας της ίνας είναι η τεχνολογία **HVI** (*High Volume Instrument*) και τώρα έρχεται να προστεθεί και η τεχνολογία **AFIS** (*Advanced Fiber Information System*). Η μέτρηση με τα παραπάνω όργανα είναι οπτική, [12]. Το βαμβάκι που παράγεται στην Ελλάδα έχει πολλές φορές χαμηλή τιμή λεπτότητας και ωριμότητας, ανεξάρτητα από την ποικιλία. Αυτό σημαίνει ότι η περίοδος βλάστησης θα είναι μικρότερη από κανονικό με αποτέλεσμα να μην προλάβουν να ωριμάσουν οι ίνες. Άλλοι παράγοντες που υποβαθμίζουν την ποιότητα και παίζουν και αυτοί ρόλο στην μείωση της λεπτότητας και ωριμότητας της ίνας αποτελούν οι “επιθέσεις” εντόμων και ασθενειών, η έλλειψη νερού και η πρόωγη αποφύλλωση, [12]. Κατά την διαδικασία ανοίγματος, καθαρισμού και λαναρίσματος, τα βαμβάκια με λεπτή ίνα απαιτούν πιο αργές ταχύτητες επεξεργασίας για να αποφύγουμε την καταστροφή των ινών. Τα νήματα που κατασκευάζονται από λεπτότερες ίνες έχουν ως αποτέλεσμα ισχυρότερα νήματα, [9]. Η ωριμότητα της ίνας παίζει καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό της αξίας του νήματος του βαμβακιού καθώς ο βαθμός ωριμότητας επηρεάζει την ικανότητα νηματοποίησης καθώς και την ομοιομορφία του νήματος, [12],[19].

Τιμή micronaire	Λεπτότητα
μέχρι 3,1	πολύ λεπτό
3,1 – 3,9	λεπτό
4,0 – 4,9	μεσαίο
5,0 – 5,9	ελαφρά τραχύ
πάνω από 6	τραχύ (χοντρό)

Πίνακας 4 - Πίνακας απεικόνισης κλίμακας του βαμβακιού

1.5.1.6 Χρωματισμός

Το χρώμα των δειγμάτων βαμβακιού προσδιορίζεται από δύο παραμέτρους: τον βαθμό ανάκλασης (Rd) και την κιτρινάδα (+b). Ο βαθμός ανάκλασης δείχνει τη φωτεινότητα (lightness) του δείγματος και το κίτρινο χρώμα απεικονίζει το βαθμό χρωματισμού του βαμβακιού. Η κιτρινάδα (yellowness) εκφράζεται σε τιμές της κλίμακας Hunter L,a,b (HunterLab) που μετατρέπονται σε ισοδύναμες τιμές του χρωματικού βαθμού. Ο χρωματισμός επηρεάζεται και από εξωγενείς παράγοντες όπως οι κλιματικές συνθήκες, η επίδραση των εντόμων και των μυκήτων, το είδος του εδάφους, οι συνθήκες αποθήκευσης κλπ. Υπάρχουν πέντε αναγνωρισμένες ομάδες χρώματος: λευκό (white), γκρι/σταχτί (grey), κηλιδωμένο, μελανό και χρωματισμένο κίτρινο ή κιτρινισμένο (yellow stained). Καθώς το χρώμα του βαμβακιού επιδεινώνεται, μειώνεται ακολούθως και η δυνατότητα επεξεργασίας των ινών, [10], [12], [11]. Για το λευκό βαμβάκι υπάρχουν 7 τύποι, που αντιστοιχούν σε 7 βαθμούς ποιότητας. Όσο μικρότερος είναι ο βαθμός τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητα του βαμβακιού μας. Στον Πίνακα 5 που παρατίθεται μπορούμε να δούμε ένα γράφημα στο οποίο απεικονίζεται η κατανομή της ανακλαστικότητας και της κιτρινάδας σε ένα δείγμα βαμβακιού Upland, [11].



Πίνακας 5 - Στο παραπάνω γράφημα δίνεται ένα παράδειγμα στο οποίο φαίνεται η γραφική παράσταση της κατανομής της ανακλαστικότητας (Reflectance – (Rd)) και της κιτρινάδας (Yellowness – (+b)) για το αμερικανικό βαμβάκι Upland

1.5.1.7 Φυτικά κατάλοιπα

Το εκκοκκισμένο βαμβάκι εκτός από ίνες περιέχει και ξένες ύλες ή αλλιώς ξένα σωματίδια. Η ποσότητα των ξένων σωματιδίων στο βαμβάκι επηρεάζει την ποιότητα των νημάτων και των υφασμάτων. Η ανάλυση και εκτίμηση του περιεχομένου ξένων υλών μπορεί να γίνει οπτικά με την σάρωση της επιφάνειας του δείγματος βαμβακιού με μια ψηφιακή κάμερα και υπολογίζεται το ποσοστό της επιφάνειας που καταλαμβάνεται από τα σωματίδια ξένων υλών καθώς επίσης και ο αριθμός των σωματιδίων της ξένης ύλης που είναι ορατός, [10], [18]. Ο λόγος της περιοχής που υπάρχουν ξένες ύλες και του αριθμού σωματιδίων των ξένων υλών αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη του μέσου μεγέθους των σωματιδίων αυτών σε ένα δείγμα βαμβακιού. Ένα χαμηλό ποσοστό (επί τις εκατό – 100 %) σε συνδυασμό με μεγάλο αριθμό σωματιδίων σημαίνει μικρότερο μέσο μέγεθος σωματιδίων απ' ότι εάν γινόταν το ανάποδο, [18].

1.6 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΝΩΝ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

1.6.1 ΕΚΚΟΚΚΙΣΗ - Προετοιμασία

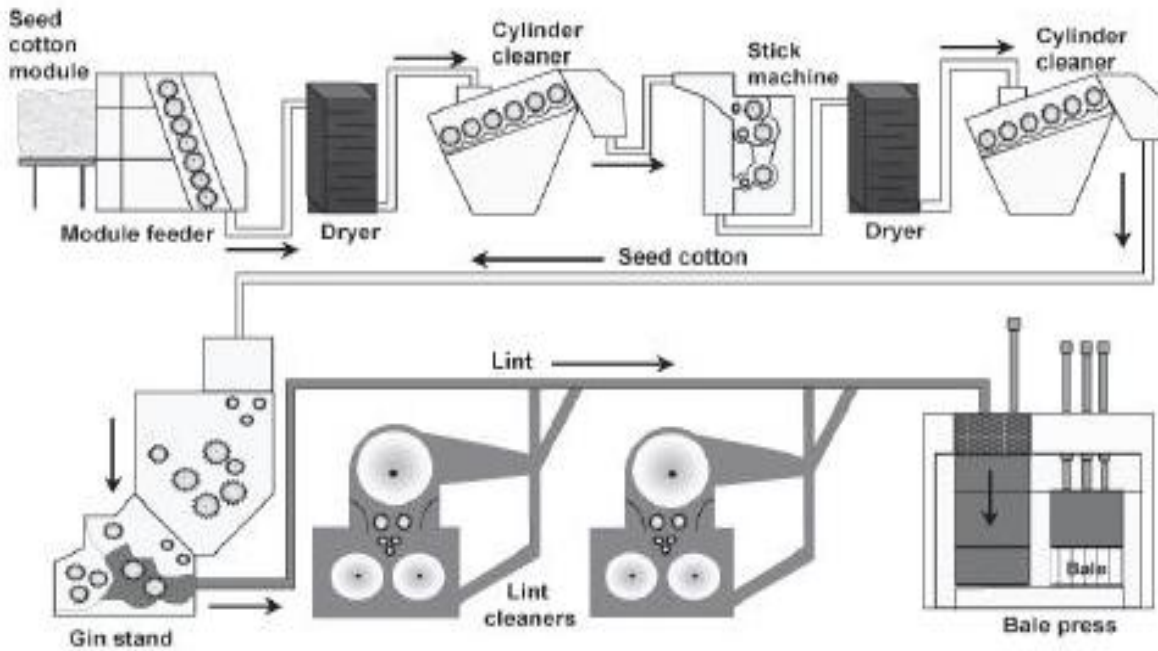
Η εκκόκκιση αποτελεί το αρχικό στάδιο επεξεργασίας της μάζας του βαμβακιού, αφού έχουν ακολουθήσει προηγουμένως η αγροτική καλλιέργεια και η πρωτογενής παραγωγή του. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται στον διαχωρισμό των ινών από τον σπόρο του βαμβακιού χωρίς να καταστραφούν ή να προκληθούν βλάβες στις ίνες ή τους σπόρους. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των βαμβακερών ινών από τους σπόρους φέρουν ειδικούς πριονωτούς δίσκους. Οι μηχανές αυτές έχουν την δυνατότητα να διαχωρίζουν σε ελάχιστο χρόνο τις βαμβακερές ίνες από τους σπόρους, διαδικασία που παλιότερα γινόταν με το χέρι. Οι σπόροι μετά την επεξεργασία είτε χρησιμοποιούνται ξανά για την καλλιέργεια βαμβακιού είτε χρησιμοποιούνται για παραγωγή βαμβακέλαιου και ζωοτροφών.

1.6.1.1 Διαδικασία Εκκόκκισης

Το βαμβάκι φορτώνεται και μετακινείται μέσα στα διάφορα συστήματα επεξεργασίας με αερομεταφορείς. Στη συνέχεια αναδεύεται με ειδικά τύμπανα καθαρισμού, απορροφάται από ισχυρούς απορροφητήρες και διοχετεύεται στις εκκοκκιστικές μηχανές. Οι ίνες γενικά είναι υγροσκοπικές και απορροφούν εύκολα υγρασία. Αυτός είναι και ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση της εκκοκκιστικής διαδικασίας. Αν το βαμβάκι είναι πολύ υγρό ή πολύ ξηρό δεν μπορεί να καθαριστεί και να εκκοκκιστεί εύκολα με αποτέλεσμα να χαλάει η ποιότητα του. Θα πρέπει λοιπόν το βαμβάκι κατά την επεξεργασία να έχει την κατάλληλη υγρασία. Επόμενο στάδιο αποτελεί η ξήρανση του σύσπορου βαμβακιού (αποξήρανση), με την χρήση ειδικών μηχανημάτων που καλούνται ως ξηραντήρια, που συνήθως έχουν την μορφή πύργου. Το βαμβάκι περνά μέσα από αυτά με αποτέλεσμα να κατεβαίνει το ποσοστό υγρασίας στα επιθυμητά πλαίσια. Η αποξήρανση, πραγματοποιείται με την διοχέτευση ρεύματος θερμού αέρα διάρκειας ολίγων δευτερολέπτων. Η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η υγρασία στο βαμβάκι να φτάσει σε επιθυμητά όρια χωρίς να καταστραφεί το βαμβάκι. Στη συνέχεια το σύσπορο βαμβάκι διοχετεύεται με τον αέρα ή την βαρύτητα ξανά στις μηχανές για τον καθαρισμό του. Οι μηχανές καθαρισμού περιλαμβάνουν οδοντωτούς κυλίνδρους και σχάρες, που απομακρύνουν τις ξένες ύλες από το βαμβάκι πριν την διαδικασία της εκκόκκισης. Το βαμβάκι πέφτει σε έναν χώρο με πριονοφόρους άξονες μεγάλης διαμέτρου και σχάρες όπου και διαχωρίζονται οι ίνες από τους σπόρους που μεταφέρουν.

Μετά την διαδικασία εκκοκκισμού, ο σπόρος δεν είναι τελείως καθαρός και αυτό διότι περιβάλλεται από ίνες μικρού μήκους που είναι δύσκολο να απομακρυνθούν με τις τεχνικές των εκκοκκιστικών μηχανημάτων. Την λύση του προβλήματος αυτού έρχεται να δώσει η αποχνόωση, η οποία πραγματοποιείται με ειδικά μεγάλα εκκοκκιστικά μηχανήματα γνωστά ως Linter. Ο σπόρος διοχετεύεται στα linter που περιλαμβάνουν πριόνια ποιο κοντά μεταξύ τους και με ποιο μυτερά και λεπτά δόντια. Στο τελικό στάδιο το καθαρό βαμβάκι δεματοποιείται σε τυποποιημένα δέματα, με υδραυλικά πιεστήρια. Τα δέματα ή μπάλες αποθηκεύονται μέχρι

την μεταφορά τους στα κλωστήρια ή στον καταναλωτή, [24], [5], [33]. Παρακάτω στην Εικόνα 4 και Εικόνα 5 μπορούμε να δούμε τα στάδια επεξεργασίας της εκκόκκισης.



Εικόνα 4 - Στάδια επεξεργασίας εκκόκκισης



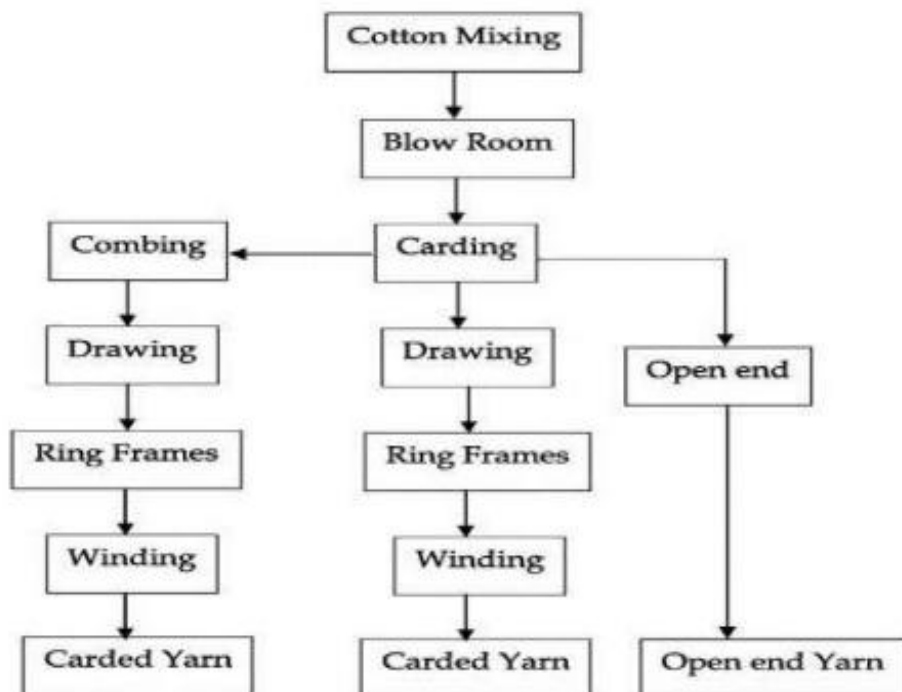
Εικόνα 5 - Εκκοκκιστήριο - Στάδια Επεξεργασίας

1.6.2 ΝΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ - Διαδικασία

Νηματοποίηση ή αλλιώς και κλωστοποίηση καλείται ένα σύνολο διαδικασιών καθώς και επεξεργασιών οι οποίες είναι απαραίτητες για την μετατροπή της μάζας των ινών σε φυτίλι και έπειτα την παραγωγή των νημάτων. Η πρώτη ύλη παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην παραγωγή του νήματος. Η ποιότητα του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί, εάν είναι καλή κάνει πιο εύκολη την επεξεργασία για την παραγωγή νήματος. Η χρησιμοποίηση υλικού κατώτερης ποιότητας έχει ως αποτέλεσμα την πτώση της παραγωγικότητας, [8],[9].

Τα στάδια επεξεργασίας κατά την νηματοποίηση των ινών περιλαμβάνουν το άνοιγμα (mix and blending), το καθάρισμα, το χτύπημα, την ανάμειξη, το λανάρισμα, το τράβηγμα, το χτένισμα, το στρίψιμο και το αδέλφωμα, [8], [9].

SPINNING PROCESS - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΛΩΣΤΟΠΟΙΪΗΣΗΣ



Πίνακας 6 - Διάγραμμα διαδικασίας νηματοποίησης

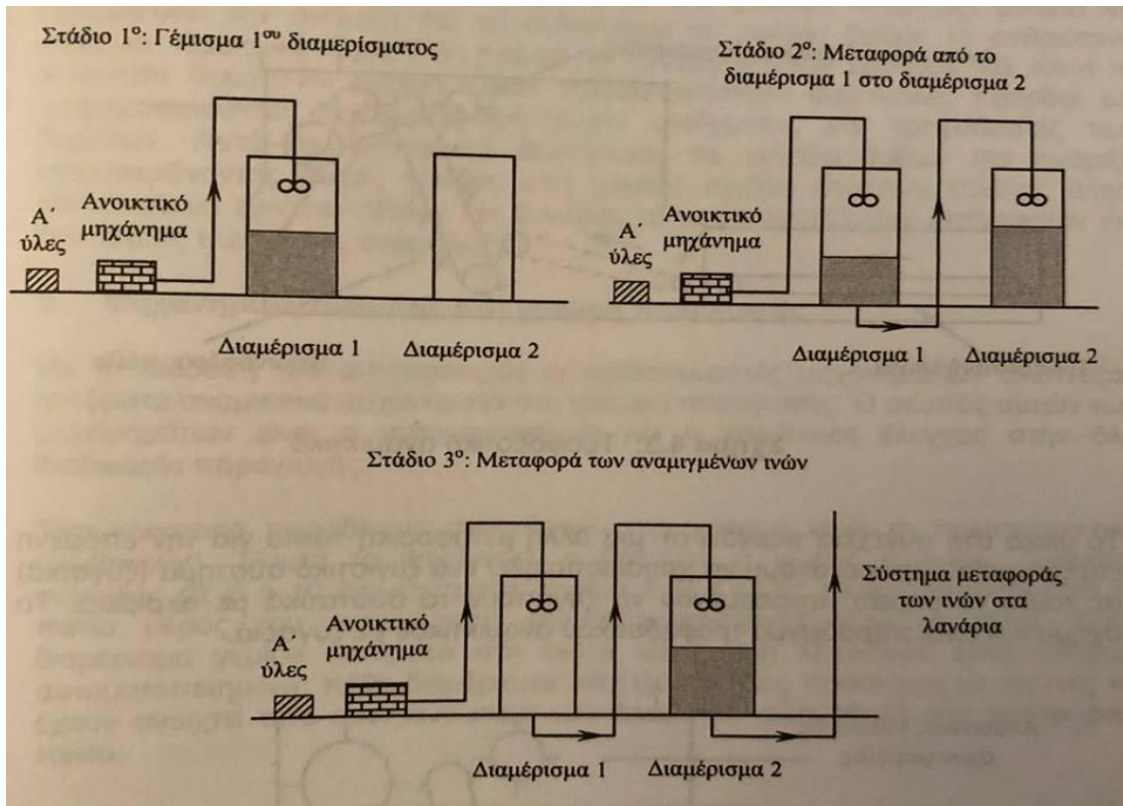
1.6.2.1 Άνοιγμα - Καθαρισμός

Η πρώτη ύλη φτάνει στις μονάδες νηματοποίησης, τα κλωστήρια, σε μορφή συμπιεσμένων δεμάτων ή μπαλών (bales). Η πρώτη βασική λειτουργία είναι το άνοιγμα. Οι τεχνικές ανοίγματος-καθαρισμού είναι μηχανικές και χρησιμοποιούνται βελονοφόρες επιφάνειες όπου ανοίγονται οι τούφες των ινών, χτυπητές που είναι περιστρεφόμενοι κύλινδροι με βελόνες μαχαίρια, ή καρφιά και ρεύματα αέρα. Ουσιαστικά αποκολλούνται οι μικρές τούφες ινών από την επιφάνεια των δεμάτων. Με την τεχνική αυτή γίνεται μια καλή ανάμειξη των πρώτων υλών. Τα ανοικτικά μηχανήματα είναι τοποθετημένα σε σειρά και ενώνονται με αεραγωγούς. Παράλληλα με την διαδικασία ανοίγματος γίνεται και ο καθαρισμός από ξένες ύλες και σκόνη. Ο καθαρισμός επιτυγχάνεται σταδιακά με την μείωση της μάζας των τουφών της ίνας κατά την μεταφορά τους στα διάφορα μηχανήματα. Ο βαθμός του καθαρισμού εξαρτάται από το ποσοστό και το μέγεθος των ακαθαρσιών που υπάρχουν στην μάζα της πρώτης ύλης, τις απαιτήσεις του τελικού προϊόντος καθώς φυσικά και από τις περαιτέρω επεξεργασίες που ακολουθούν, οι οποίες ενδέχεται να περιλαμβάνουν επιπλέον στάδια καθαρισμού. Να συμπληρωθεί ότι στα ανοικτικά μηχανήματα εκτός από τα στάδια ανοίγματος-καθαρισμού της πρώτης ύλης απομακρύνεται και η σκόνη, η οποία είναι απαραίτητο να απομακρυνθεί καθώς δημιουργεί προβλήματα στις τεχνολογίες νηματοποίησης [8], [9].

1.6.2.2 Ανάμειξη (Mixing & Blending)

Η διαδικασία της ανάμειξης του ινώδους υλικού είναι απαραίτητη για την παραγωγή νήματος. Είναι σύνηθες οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την κλωστοποίηση, να περιέχουν διάφορα είδη ινών και να είναι ανομοιογενείς μεταξύ τους. Η ανάμειξη των πρώτων υλών μπορεί να γίνει σε πολλά στάδια, συσκευές και μηχανήματα με διαφορετικές μεθόδους όπως π.χ. σε λανάρια, στα ανοικτικά μηχανήματα (ανάμειξη τουφών και δεμάτων), στο βατοποιητικό αναδιπλωτικό (ανάμειξη φυτυλιών και βατών), στο λανάρι (ανάμειξη φυτυλιών), στο λανάρι (ανάμειξη ινών) και στην κλώστρια (ανάμειξη προνημάτων). Μερικά παραδείγματα ανάμειξης αποτελούν ο πολυεστέρας, και το μαλλί/νάιλον για κατασκευή σύμμικτων νημάτων. Παρακάτω στην Εικόνα 7 μπορούμε να δούμε τα στάδια της ανάμειξης σε παρτίδες [8], [9].

Εικόνα 6 - Ανοικτικό μηχανήμα απόσπασης μαζών πρώτης ύλης



Εικόνα 7 - Διαδικασία ανάμιξης σε παρτίδες

1.6.2.3 Λανάρισμα (Carding)

Το επόμενο στάδιο επεξεργασίας των πρώτων υλών και τελικό στάδιο ανοίγματος των τουφών αποτελεί το λανάρισμα, διαδικασία η οποία ακολουθεί το αρχικό άνοιγμα της πρώτης ύλης και γίνεται στο λανάρι. Η κατεργασία αυτή θεωρείται πολύ σημαντική γιατί επιτυγχάνει τον διαχωρισμό των τουφών μέχρι την πλήρη εξατομίκευση των τροφοδοτούμενων ινών για την διευκόλυνση των περαιτέρω επεξεργασιών. Με την εξατομίκευση της ίνας απομακρύνεται η σκόνη και αν όχι όλη η ποσότητα των ξένων υλών τουλάχιστον η περισσότερη που έχει απομείνει και με τον τρόπο αυτό οι ίνες έχουν την δυνατότητα να κινούνται ξεχωριστά στις επόμενες φάσεις επεξεργασίας αφού έχουν αφαιρεθεί τα συμπλέγματα ινών (νεπς). Σε περίπτωση μη εξατομίκευσης τότε οι ίνες δεν μπορούν να κλωστοποιηθούν σε ομοιόμορφα νήματα ούτε να αναμιχθούν με ίνες άλλου είδους. Τέλος η μηχανή λαναρίσματος μικραίνει το

πάχος των υλικών με τον σχηματισμό της αράχνης (ενός πέπλου), που συμπυκνώνεται σε μια χοντρή δέσμη δημιουργώντας το φυτίλι, [8], [9].

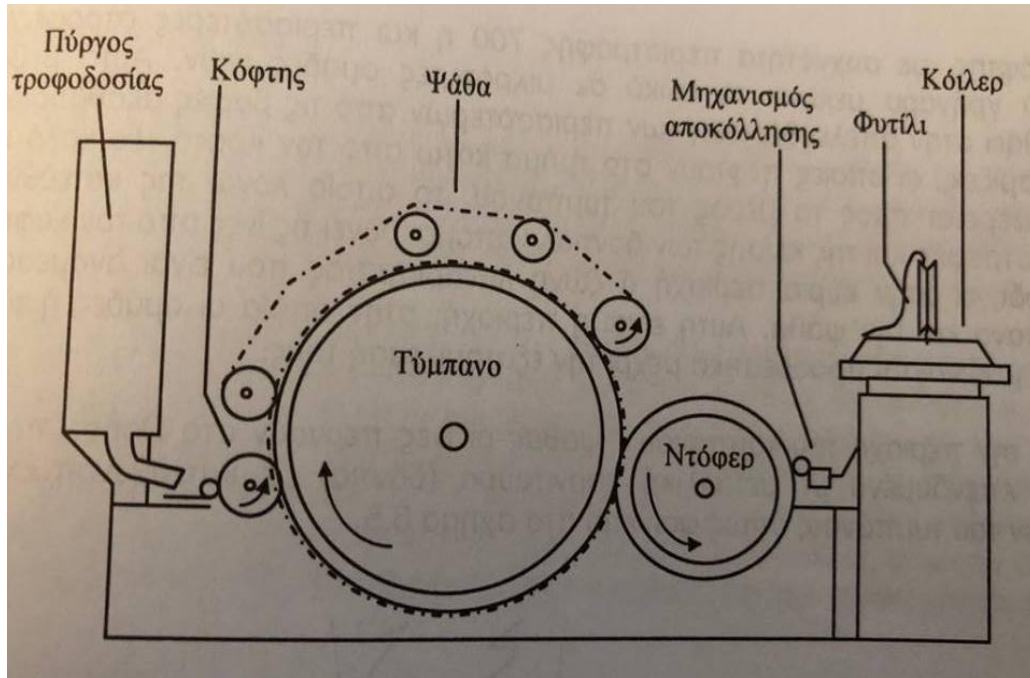


Εικόνα 8 - (α) Μηχανή Λαναρίσματος, (β) Τα οδοντωτά στοιχεία λαναρίσματος

Η αρχή λειτουργίας του λαναρίσματος είναι η εξής:

1. Η πρώτη ύλη τροφοδοτείται με αεραγωγούς στους τροφοδοτικούς πύργους, όπου σχηματίζονται τούφες ή μια μορφή βάτας.
2. Το υλικό περνάει από τον τροφοδοτικό κύλινδρο του λαναριού και προωθείται στη ζώνη του κόφτη. Ο κόφτης ανοίγει τις τούφες της βάτας τροφοδοσίας.
3. Στη συνέχεια οι τούφες μεταφέρονται περνώντας πάνω από την σχάρα προς το μέρος του τυμπάνου, το οποίο απομακρύνει τις ίνες από τον κόφτη και τις κατευθύνει στην περιοχή λαναρίσματος που βρίσκεται ανάμεσα στο τύμπανο και την ψάθα.
4. Από εκεί οι ελεύθερες ίνες περνούν στο ντόφερ, που ενώνει τις ίνες σε μορφή πέπλου.
5. Ένας μηχανισμός αποκόλλησης απαγκιστρώνει το πέπλο από το ντόφερ.
6. Τέλος πιεστικοί κύλινδροι συμπιέζουν το υλικό και οδηγούν το φυτίλι στον κάδο [8], [9].

Παρακάτω στην εικόνα μπορούμε να δούμε την περιγραφή της λειτουργίας που προηγήθηκε, [9]:



Εικόνα 9 - Λανάρι βαμβακερού συστήματος ή περιστρεφόμενης ψάθας

1.6.2.4 Χτένισμα (Combing)

Το χτένισμα του βαμβακιού αποσκοπεί στην βελτίωση της ποιότητας της πρώτης ύλης και περιλαμβάνεται στην διαδικασία νηματοποίησης πεννιέ. Αποτελεί μια προαιρετική επεξεργασία με απώτερο σκοπό την επεξεργασία νημάτων υψηλής ποιότητας. Κατά την τεχνική αυτή πραγματοποιείται η απομάκρυνση προκαθορισμένης ποσότητας κοντών ινών. Έτσι αυξάνεται η αντοχή του νήματος, η ομοιομορφία του, η καθαρότητα και η εμφάνιση του. Απομακρύνονται οι ξένες ύλες και τα νεψ που έχουν απομείνει μετά το λανάρισμα, βελτιώνεται ο βαθμός παραλληλισμού των ινών και σχηματίζεται τελικά φυτίλι με μεγάλη ομοιομορφία. Με την μέθοδο του χτενίσματος δίνεται η δυνατότητα στον κατασκευαστή να παράγει ποιο ομοιόμορφα, γυαλιστερά λεπτότερα και καθαρότερα νήματα. Αν τα φυτίλια τροφοδοτούνταν απευθείας στη χτενίστρια, θα υπήρχε μεγάλος κίνδυνος θραύσης των ινών και επικείμενη φθορά τους. Γι' αυτό θα πρέπει να γίνει προετοιμασία ή αλλιώς βατοποίηση, με την βοήθεια ενός βατοποιητικού μηχανήματος, των φυτιλιών για τροφοδότησή τους στη χτενίστρια. Στα μηχανήματα βατοποίησης ένας αριθμός φυτιλιών από λανάρια διαμορφώνουν την κυλινδρικής μορφής βάτα. Επιπλέον με την βατοποίηση ελατώνεται ο αριθμός των ακίστρων και βελτιώνεται ο προσανατολισμός των ινών. Αυτό γίνεται με την τεχνική τραβήγματος με κυλίνδρους. Εφοδιασμένη με κυκλικά χτένια και ένα ζευγάρι μεταλλικών σιαγόνων που συγκρατούν την βάτα, η χτενίστρια συμπυκνώνει το παραγόμενο πέπλο, παίρνοντας την μορφή φυτιλιού. Στη συνέχεια της νηματοποίησης πραγματοποιείται τράβηγμα των φυτιλιών [8], [9].



Εικόνα 10 - Χτενίστριες

1.6.2.5 Τράβηγμα ή Λέπτυνση

Ο όρος τράβηγμα ή λέπτυνση χρησιμοποιείται στον τομέα της κλωστοϋφαντουργίας για να περιγράψει την διαδικασία της λέπτυνσης των βατών, των νημάτων και των φυτιλιών, δηλαδή της μείωσης της γραμμικής πυκνότητας του υλικού. Η διαδικασία αυτή γίνεται με την βοήθεια του λαναριού, του σύρτη, της προγνέστριας, της χτενίστριας και της δακτυλοφόρου κλώστριας. Στην περίπτωση του λαναριού το τράβηγμα προκαλείται με την εξατομίκευση των ινών. Οι υπόλοιπες τεχνικές τραβήγματος που προαναφέρθηκαν βασίζονται στην μέθοδο τραβήγματος με κυλίνδρους. Με την βοήθεια κυλίνδρων δημιουργείται μια ζώνη τραβήγματος. Το φυτίλι που παράγεται από τον σύρτη μεταφέρεται στην προγνέστρια. Κατά την διάρκεια του τραβήγματος οι ίνες κινούνται μεταξύ τους όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα και ελεγχόμενα. Ως αποτέλεσμα το πρόνημα μορφοποιείται καταλλήλως μέσα από την επεξεργασίας της λέπτυνσης και βελτιώνεται η ποιότητά του, ωστόσο να περάσει στο τελικό στάδιο κλωστοποίησης, [8], [9].



Εικόνα 11 - Διαδικασία τραβήγματος

1.6.2.6 Αδέλφωμα νημάτων

Το αδέλφωμα αποτελεί διαδικασία κατά την οποία δύο ή περισσότερα μονόκλωνα νήματα συνδυάζονται και ενώνονται μεταξύ τους με στρίψη. Τα παραγόμενα νήματα με τον τρόπο αυτό ονομάζονται διπλά ή δίκλωνα νήματα. Ο βαθμός στρίψης ποικίλει στα μονόκλωνα και τα πολύκλωνα νήματα. Στην αδελφωτική επεξεργασία καθορίζεται ο απαιτούμενος αριθμός μονόκλωνων νημάτων που θα τυλιχθούν μαζί χωρίς να στριφτούν σε μια συσκευασία [8], [9].



(α)

(β)

Εικόνα 12 – (α) Μηχανήματα περιέλιξης/στρίψης σε κωνοειδή μορφή, (β) Δομή δίκλωνου νήματος

1.6.2.7 ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΑ ΙΝΩΝ (NEPS)

Συχνά κατά την διαδικασία της επεξεργασίας δημιουργούνται μικρά συμπλέγματα ινών και είναι ανεπιθύμητα στην κλωστοϋφαντουργία [3], [10]. Διακρίνονται σε δύο (2) κατηγορίες:

a) σε νεπς ινών και

b) σε νεπς με άλλες ύλες, συνήθως με ξένα σωματίδια.

Οι έρευνες των P. Artz και O. Schreiber αποδεικνύουν ότι οι κόμποι των ινών αποτελούνται κυρίως από ανώριμες και νεκρές ίνες. Παράγοντες που επηρεάζουν την δημιουργία τους είναι η ποικιλία του βαμβακιού, η ωριμότητα της ίνας, η συλλογή που γίνεται από τις ειδικές μηχανές που όταν δεν έχει προηγηθεί καλή αποφύλλωση και τα μηχανήματα δεν διαθέτουν την κατάλληλη συντήρηση, αυτό καταπονεί τις ίνες, [10]. Καθοριστικό παράγοντα για την δημιουργία κόμπων αποτελεί η εκκόκκιση καθώς κατά την μέθοδο επεξεργασίας σχηματίζεται ένα μεγάλο ποσοστό νεπς, [10]. Ο συνολικός αριθμός των συμπλεγμάτων που δημιουργεί το βαμβάκι μετά την απομάκρυνση των σπόρων καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της εκκοκκιστικής μηχανής, τις παραμέτρους διαδικασίας, [3]. Η κακή ποιότητα του εκκοκκισμένου βαμβακιού συντελεί στο σπάσιμο των ινών και στη δημιουργία κόμπων, οι οποίοι δυσκολεύουν τη νηματοποίηση και αυξάνουν τις απώλειες σε ίνες, [10], [19].

Τα κύρια προβλήματα που δημιουργούνται από τα συμπλέγματα ινών στην κλωστοϋφαντουργία είναι δυο:

1. Αν τα συμπλέγματα αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ώριμες ίνες, τότε η δημιουργία τους επηρεάζει την ομοιομορφία των νημάτων που θα παραχθούν και μετέπειτα όπως είναι φυσικό των υφασμάτων.
2. Επιπλέον σε περίπτωση που τα συμπλέγματα αποτελούνται από ανώριμες ίνες δημιουργείται πρόβλημα συμπεριφοράς στη βαφή. Το αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση «λευκών κηλίδων» στο βαμμένο ύφασμα καθώς οι ανώριμες ίνες δεν έχουν επαρκή ποσότητα κυτταρίνης για να απορροφήσουν τη βαφή. Η επιλογή της ποικιλίας λοιπόν καθίσταται ως ο πιο σημαντικός παράγοντας για την παραγωγή βαμβακιού υψηλής ποιότητας. Θα πρέπει λοιπόν να προτιμώνται ποικιλίες βαμβακιού που ικανοποιούν τις προδιαγραφές ποιότητας της αγοράς, [7], [10].

1.7 ΦΥΣΙΚΕΣ, ΧΗΜΙΚΕΣ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

1.7.1 -1.7.1.1 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Σε περιβάλλον υψηλής υγρασίας το βαμβάκι έχει την τάση να διογκώνεται στο νερό και σε συμπυκνωμένα διαλύματα οξέων, αλάτων και βάσεων. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην απορρόφηση των έντονα ενυδατωμένων ιόντων. Οι ιδιότητες του διαφέρουν ανάλογα με τα χημικά στα οποία εκτίθεται, μερικά από τα οποία αναλύονται παρακάτω:

1. Στα οξέα: Το βαμβάκι δεν επηρεάζεται από τα αραιωμένα υψηλής θερμοκρασίας οξέα και τα ψυχρά συμπυκνωμένα και αδύναμα οξέα.
2. Στα αλκάλια: Η αντοχή του εδώ είναι εξαιρετική. Μπορεί να διογκωθεί από τα αλκάλια τα οποία στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι καυστικά αλλά δεν καταστρέφεται.
3. Στους οργανικούς διαλύτες: Όπως και στην περίπτωση των αλκαλίων έτσι και εδώ οι ίνες του βαμβακιού παρουσιάζουν υψηλή αντοχή.

Σε περίπτωση μικροοργανισμών: Οι ίνες του βαμβακιού είναι τρομερά ευαίσθητες από οποιονδήποτε βιολογικό παράγοντα προσβάλλονται όπως οι μικροοργανισμοί και οι μύκητες. Για την προστασία τους μπορούμε να τα ραντίσουμε με κάποιες χημικές ουσίες, όπως ο ουδέτερος χαλκός, [3], [18], [21], [23].

1.7.1.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Φυσικές ιδιότητες του βαμβακιού αποτελούν:

1. Μήκος & πάχος: Το βαμβάκι αποτελεί την πιο κοντή φυσική ίνα που χρησιμοποιείται στην κλωστοϋφαντουργία με το μήκος της να φτάνει από μισή έως και δυόμιση ίντσες. Όσο για το πάχος, αυτό κυμαίνεται από 12 – 20 micrometers (0.00048 – 0.0008 inches).
2. Σχήμα: Κάτω απ' το μικροσκόπιο, η ώριμη και ακατέργαστη ίνα του βαμβακιού μοιάζει με συνεστραμμένη κορδέλα ή έχει σχήμα συνεστραμμένου σωλήνα. Το άκρο που ήταν

ποιο κοντά στον σπόρο συνήθως μετά από την εκκοκκιστική διαδικασία έχει ακανόνιστο σχήμα.

3. Αντοχή: Το βαμβάκι αποτελεί σχετικά ανθεκτική ίνα. Η αντοχή του αποδίδεται στην καλή ευθυγράμμιση των πολυμερών από τα οποία αποτελείται και καθορίζεται από την ικανότητα τους να αντιστέκονται στο μηχανικό φορτίο.
4. Ελαστικότητα: Το βαμβάκι δεν αποτελεί ιδιαίτερα ελαστική ίνα.
5. Χρώμα: Το χρώμα του βαμβακιού συνήθως είναι λευκό, αλλά μπορεί να συναντάται και με γκρι ή κιτρινωπό χρώμα.
6. Λάμψη: Οι ίνες στο βαμβάκι δίνουν φυσική λάμψη που οφείλεται στην γυαλιστερή επιφάνεια του βαμβακιού.
7. Επίδραση ηλιακού φωτός: Το βαμβάκι τείνει να χάνει την αντοχή και το χρώμα του σε παρατεταμένη έκθεση στον ήλιο, λόγω του υπεριώδους φωτός. Όταν υπάρχει πολύ θερμότητα το βαμβάκι οξειδώνεται.
8. Ηλικία: Το βαμβάκι αν φυλάσσεται σωστά μπορεί να αντέξει με την πάροδο του χρόνου.
9. Συμπεριφορά καύσης: Το βαμβάκι μπορεί να καεί με τον ίδιο τρόπο που καίγεται το χαρτί, [18], [19], [21], [23].

1.7.1.3 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Μια πολύ ενδιαφέρουσα ικανότητα που έχουν οι ίνες είναι ότι μπορούν να μεταφέρουν και να άγουν την θερμότητα, ελαχιστοποιώντας έτσι την ενδεχόμενη μεγάλη συσσώρευση θερμότητας που μπορεί να αποδειχτεί καταστροφική. Το βαμβάκι ξέρουμε ότι δεν έχει θερμοπλαστικές ιδιότητες. Αυτό οφείλεται στα πολύ μακρά πολυμερή των ινών και τους πολλούς δεσμούς υδρογόνου που πλαισιώνουν, [18], [19], [21], [23].

1.8 Εφαρμογές

Το βαμβάκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές εφαρμογές και χρήσεις μερικές από τις οποίες παρατίθενται από κάτω:

- Ένδυση: Από το βαμβάκι κατασκευάζονται πολλά ενδύματα όπως μπλούζες, πουκάμισα, φορέματα, παιδικά ρούχα, κοστούμια, μπουφάν, παντελόνια, πουλόβερ, κάλτσες κ.α.
- Οικιακή επίπλωση και βιομηχανικά προϊόντα: Περίπου το 60 % της παγκόσμιας συλλογής βαμβακιού χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενδυμάτων. Το υπόλοιπο ποσοστό χρησιμοποιείται για οικιακή επίπλωση.
- Το βαμβάκι χρησιμοποιείται επίσης για την κατασκευή υφασμάτων με συνθετικές ίνες.
- Ιατρικές εφαρμογές, φαρμακευτικά προϊόντα και καλλυντικά
- Τεχνικές εφαρμογές, [3]

1.8.1 GRADING – ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Η ποιότητα του βαμβακιού εξαρτάται από τα φυσικά του χαρακτηριστικά. Η ποιότητα του βαμβακιού ταξινομείται λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω παραμέτρους :

1. Μήκος
2. Διάμετρος
3. Ομοιομορφία
4. Αντοχή
5. Χρώμα
6. Ποσότητα ξένων σωματιδίων, [3], [6].

Πίνακας 1. Επιθυμητές τιμές ποιοτικών χαρακτηριστικών	
Ποιοτικά χαρακτηριστικά	Επιθυμητές τιμές
Απόδοση σε ίνα (ποσοτικός συντελεστής)	>33%
Αντανακλαστικότητα (RD)	Υψηλή >74
Κιτρινάδα (+b)	Χαμηλή
Colour grade (CG)	Σχέση Rd-td: 41-1
Mic (Micronaire) Λεπτότητα-Ωρίμανση	3,8-4,5
Αντοχή ίνας (Strength)	>29 gr/tex.
Μήκος ίνας (Length)	>28,5 mm
Ελαστικότητα (ELG)	Υψηλή
Ομοιομορφία (Uniformity)	Υψηλή: 84
Ποσοστό κοντών ινών (S.F.I.)	Χαμηλό < 12,5%

Πίνακας 7 - Επιθυμητές τιμές ποιοτικών χαρακτηριστικών

1.9 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

1.9.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ

Το βαμβάκι αποτελεί χωρίς αμφισβήτηση, την πιο εκτεταμένη κερδοφόρα καλλιέργεια μη εδώδιμης τροφής στον πλανήτη. Η παραγωγή του συναντάται πλέον σε ολόένα και αυξανόμενα επίπεδα σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο. Χώρες όπως η Ινδία, η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες κατέχουν τα υψηλότερα ποσοστά όσον αφορά την συλλογή και παραγωγή της σοδειάς βαμβακιού. Η καλλιέργεια βαμβακιού μπορεί να γίνεται σε παγκόσμια κλίμακα, εντούτοις οι σημερινές στρατηγικές παραγωγής που ακολουθούνται είναι μη βιώσιμες, με αποτέλεσμα την υπονόμευση της ικανότητας του συγκεκριμένου κλάδου να διατηρήσει με σιγουριά την μελλοντική παραγωγή, [24], [25].

Στους παρακάτω πίνακες στατιστικής 8 και 9 μπορούμε να δούμε την παραγωγή, διανομή-προμήθεια και ανταλλαγή του βαμβακιού σε αριθμούς, ανά περιοχή, απόδοση, παραγωγή και μεταβολές, με αναφορά σε συγκεκριμένες χώρες, [25].

Table 1 Cotton World Supply, Use, and Trade (Season Beginning August 1)
(1000 MT)

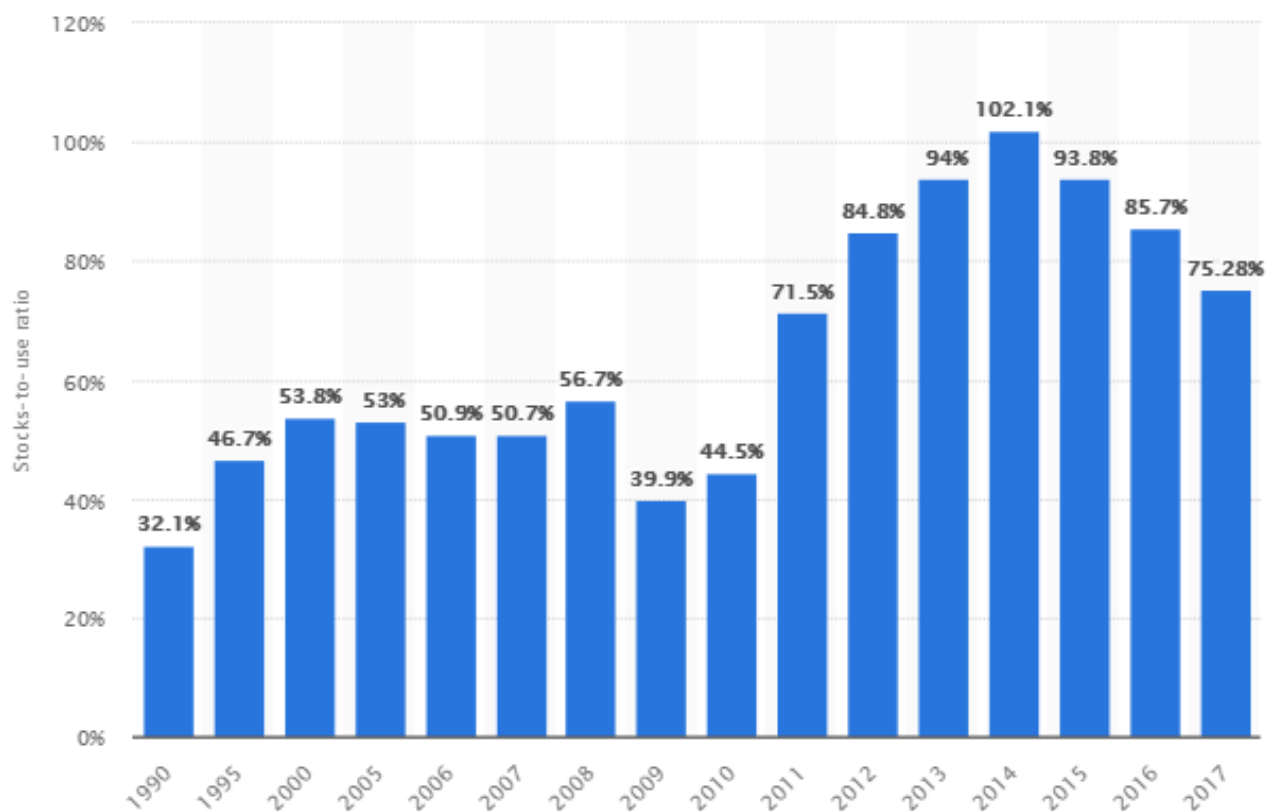
	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	Jan 2017/18	Feb 2017/18
Production						
India	6,750	6,423	5,639	5,879	6,379	6,205
China	7,131	6,532	4,790	4,953	5,748	5,987
United States	2,811	3,553	2,806	3,738	4,630	4,630
Total	8,977	7,859	7,712	8,187	8,354	8,323
Exports						
United States	2,293	2,449	1,993	3,248	3,222	3,157
India	2,016	914	1,255	991	936	914
Uzbekistan	566	490	501	283	261	261
Greece	280	254	209	223	239	239

Πίνακας 8 - Πίνακας παγκόσμιας χρήσης, προμήθειας και εμπορικής συναλλαγής του βαμβακιού την χρονολογική περίοδο 2013-2018

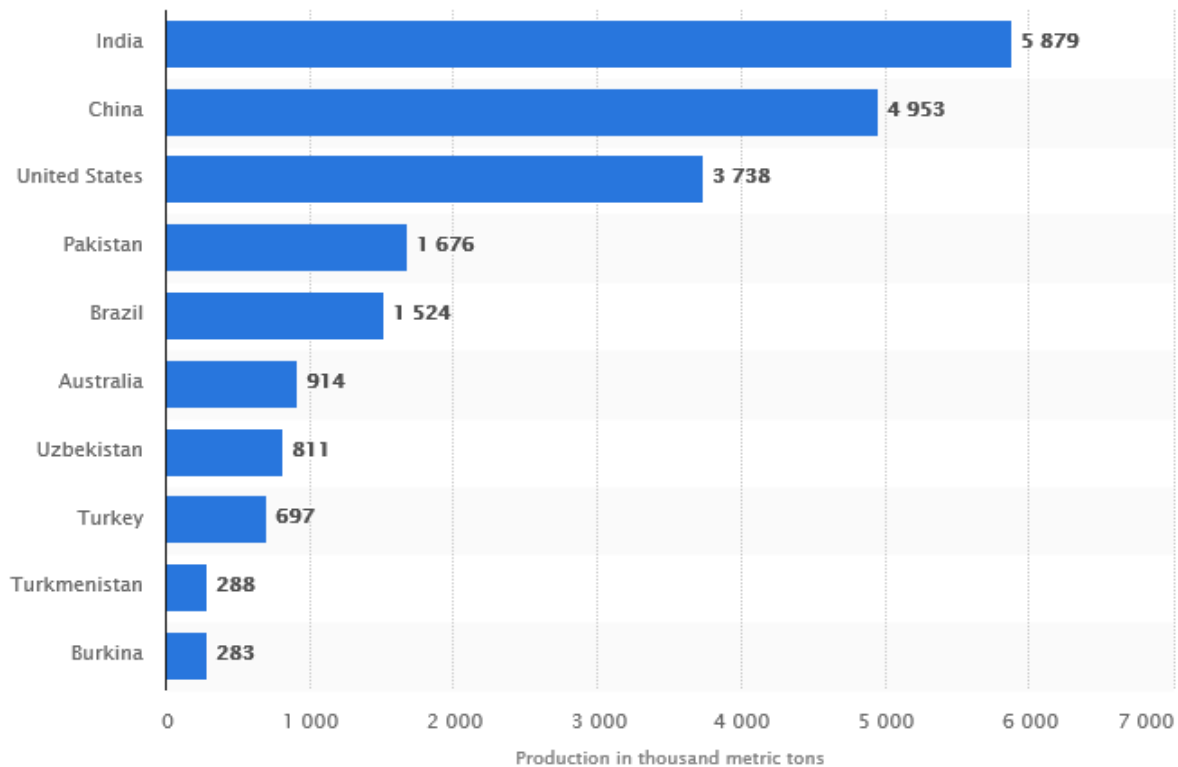
Country / Region	Area (Million hectares)				Yield (Kiloograms per hectare)				Production (Million 480 lb. bales)				Change in Production			
	Prel.		2017/18 Proj.		Prel.		2017/18 Proj.		Prel.		2017/18 Proj.		From last month		From last year	
	2015/16	2016/17	Jan	Feb	2015/16	2016/17	Jan	Feb	2015/16	2016/17	Jan	Feb	MBales	Percent	MBales	Percent
World	30.49	29.28	33.32	0.00	685	788	790	0	95.94	105.98	120.97	0.00	-120.97	-100.00	-105.98	-100.00
United States	3.27	3.85	4.59	0.00	859	972	1,008	0	12.89	17.17	21.26	0.00	-21.26	-100.00	-17.17	-100.00
Total Foreign	27.22	25.43	28.73	0.00	664	760	756	0	83.05	88.81	99.70	0.00	-99.70	-100.00	-88.81	-100.00
Uzbekistan	1.29	1.18	1.20	0.00	644	687	671	0	3.80	3.73	3.70	0.00	-3.70	-100.00	-3.73	-100.00
Europe																
Greece	0.23	0.20	0.25	0.00	956	1,125	1,080	0	1.01	1.03	1.24	0.00	-1.24	-100.00	-1.03	-100.00

Πίνακας 9 - Πίνακας κατάταξης βαμβακιού (Καλλιεργούμενη έκταση, απόδοση, παραγωγή, μεταβολές)

Στα παρακάτω στατιστικά γραφήματα φαίνεται το ποσοστό των αποθεμάτων βαμβακιού παγκοσμίως του βαμβακιού που προορίζονται για χρήση (Γράφημα 10) σε παγκόσμιο επίπεδο από το 1990 έως και το 2017 και η παραγωγή βαμβακιού (Γράφημα 11) σε παγκόσμιο επίπεδο από το 2016 έως και το 2017, [25].

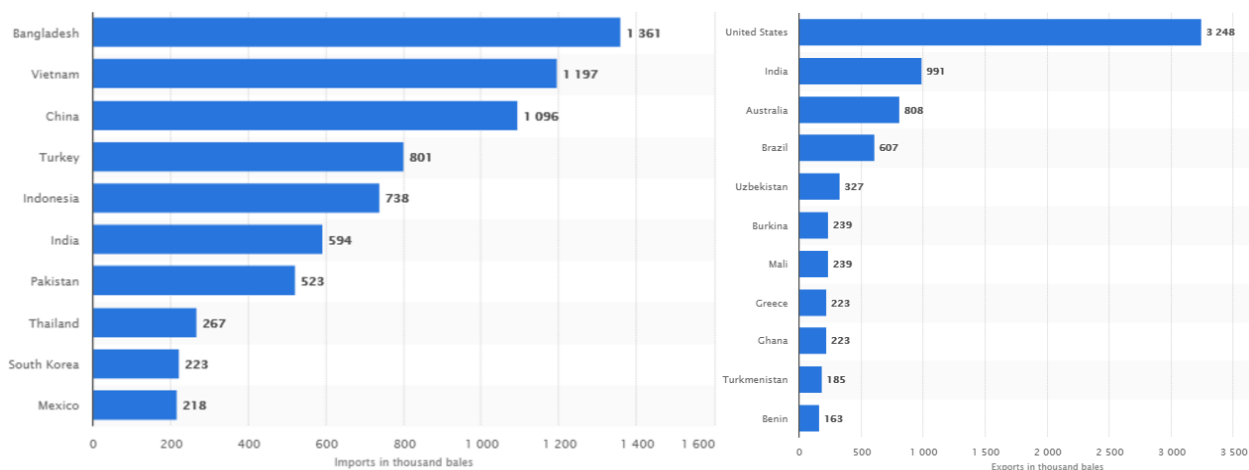


Πίνακας 10 - Παγκόσμια αναλογία αποθεμάτων βαμβακιού την περίοδο 1990 – 2017



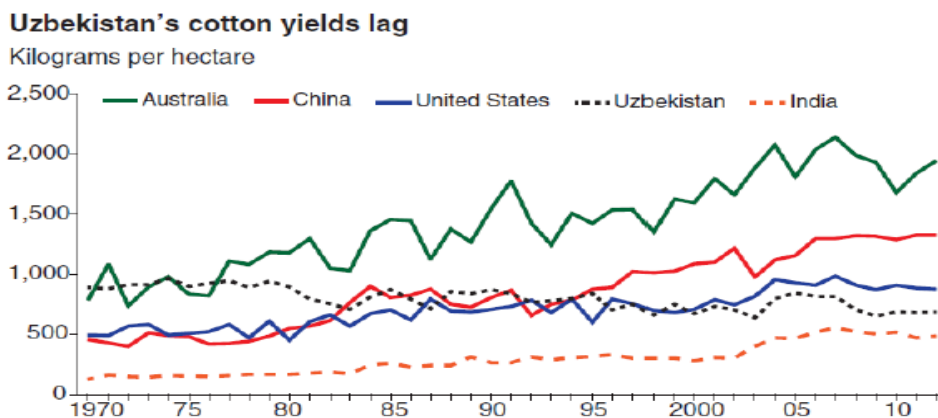
Πίνακας 11 - Παραγωγή βαμβακιού ανά χώρα παγκοσμίως την περίοδο 2016 - 2017

Στο διάγραμμα 12 (α) απεικονίζονται οι χώρες με την μεγαλύτερη εισαγωγή και αντίστοιχα στο διάγραμμα (β) οι χώρες με την μεγαλύτερη εξαγωγή βαμβακιού [27],[28].



Πίνακας 12 – (α) Οι χώρες με την μεγαλύτερη εισαγωγή και (β) εξαγωγή βαμβακιού (σε 1000 μετρικούς τόνους (MT))

Η χώρα για την οποία δημιουργήθηκε η έρευνα της παρούσας διπλωματικής είναι το Ουζμπεκιστάν. Το Ουζμπεκιστάν αποτελεί τον 6^ο κατά σειρά μεγαλύτερο εξαγωγέα βαμβακιού παγκοσμίως μια χώρα με το περισσότερο από 60 % του πληθυσμού της να ασχολείται με την αγροτική παραγωγή και καλλιέργεια. Η κλωστοϋφαντουργία και η παραγωγή βαμβακιού είναι ζωτικής σημασίας για την εθνική οικονομία, αποτελεί την κύρια πηγή χρηματοδότησης της χώρας και η βιομηχανική παραγωγή ελέγχεται εξ ολοκλήρου και αποκλειστικά από το κράτος. Τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει προσπάθειες με στόχο να καταστεί δυνατή η κατασκευή βαμβακερών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων μέσω της ενίσχυσης των αλυσίδων επεξεργασίας βαμβακιού, παρόλα αυτά ανεξάρτητα των συνεχών προσπαθειών ο γεωργικός τομέας υστερεί σε μεγάλο βαθμό στην παραγωγικότητα και την ανάπτυξη. Το υψηλό κόστος παραγωγής ινών βαμβακιού στη χώρα παραμένει ένα τεράστιο οικονομικό πρόβλημα, καθώς λόγω της επιδείνωσης του εδάφους, του κόστους δαπανών ύδρευσης και το υψηλό κόστος των εισροών λόγω μείωσης της αξίας των υποδομών επεξεργασίας, έχει ως αποτέλεσμα να μειώνονται τα έσοδα στον κρατικό προϋπολογισμό, [31]. Ο εκσυγχρονισμός λοιπόν των διαδικασιών ανάλυσης, εκτίμησης και επεξεργασίας του τομέα του βαμβακιού κρίνεται απαραίτητος, τόσο για την γεωργική ανταγωνιστικότητα, όσο και για την καλύτερη παραγωγικότητα με αυτό να συνάδει στην μείωση της φτώχειας που πλήττει την χώρα, [32], [29], [30]. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα γράφημα, με την βοήθεια του οποίου έχουμε την δυνατότητα να συγκρίνουμε τις σοδειές βαμβακιού του Ουζμπεκιστάν με αυτών από άλλες παρόμοιου αριθμού παραγωγής χώρες από το 1970-2012, [32].



Πίνακας 13 - Γράφημα σύγκρισης σοδειών βαμβακιού του Ουζμπεκιστάν με άλλες χώρες (κλίμακα μέτρησης χιλιόγραμμα ανά εκτάριο)

1.10 COTTON TRASH ANALYZER TB-500

Ο αναλυτής βαμβακιού (**Trash Analyzer**), αποτελεί μια δημοφιλή και αξιόπιστη συσκευή για την μέτρηση των ξένων υλών, των χνουδιών, σκουπιδιών και σκόνης που περιέχονται σε ένα δείγμα πρώτων ινών βαμβακιού έως 100 γραμμάρια. Ο αναλυτής ξένων υλών εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι όλες οι ίνες έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια για μια δεδομένη μάζα απ' ό τι τα ξένα σωματίδια και χρησιμοποιεί την αρχή λαναρίσματος για τον διαχωρισμό των ινών και των περιεχόμενων χωρίς ίνες με την χρήση του αέρα [22],[17].



Specifications	TB500
Working Width	490 mm
Size Of Feeding Roller	Dia.57.15
Size Of Licker-in	Dia. 238 mm
Rotation Speed	900 r/min
Standards	ITMF
Power	380 V, 50/60 Hz, 0.8 Kw
Weight	280 Kg
Dimensions	860 x 1100 x 1100 mm (LxWxH)

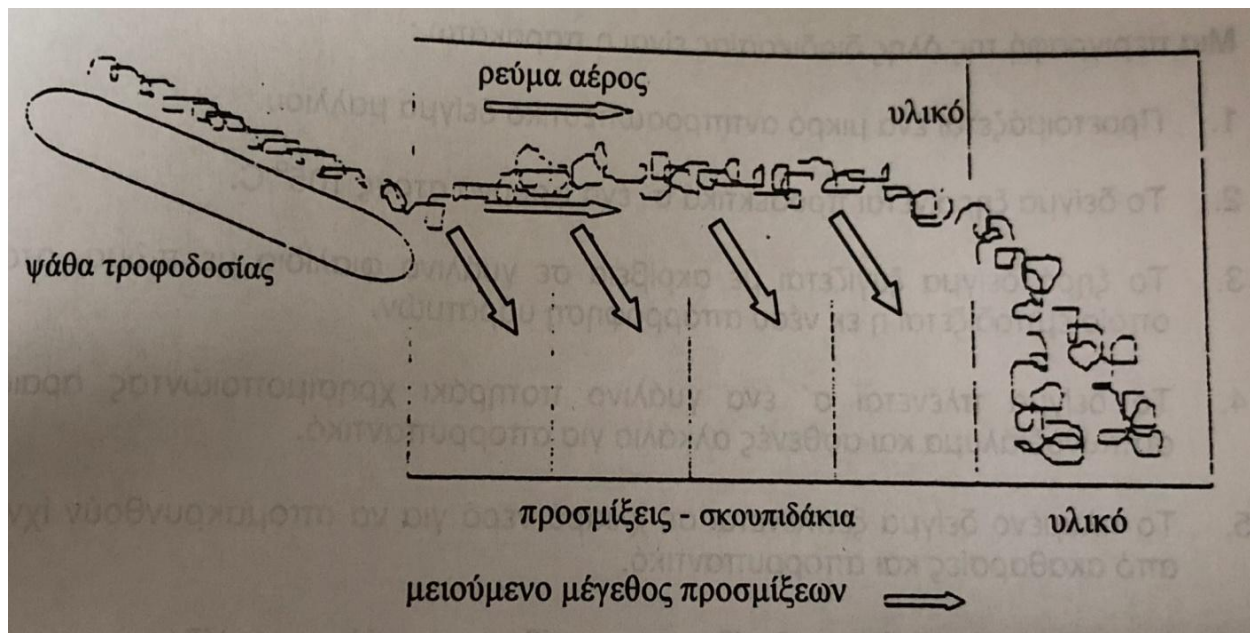
Η σπουδαιότητα της ανάλυσης ξένων υλών

Ο προσδιορισμός του περιεχομένου σε ξένα σώματα και ίνες με τη χρήση αναλυτή ξένων σωμάτων είναι πολύ σημαντική και αυτό διότι:

- ✓ Η ποιότητα του βαμβακιού καθορίζεται από τον αριθμό των ξένων σωμάτων και καθιστά ποιο εύκολη την απόφαση να επιλέξουμε ή να απορρίψουμε την παρτίδα.
- ✓ Κατά την αγορά αποφασίζεται ποιο θα είναι το κόστος της πρώτης ύλης.
- ✓ Οι ρυθμίσεις διαφορετικών μηχανημάτων ειδικών που αποδίδουν καλύτερο καθαρισμό των δειγμάτων μπορούν να καθοριστούν ποιο εύκολα [17].

1.10.1 Αρχή Λειτουργίας – Working Principle of the Trash Analyzer

Ο αναλυτής ξένων σωμάτων λειτουργεί με βάση την αρχή επίπλευσης αέρα. Τα αποτελέσματα που παίρνουμε δίνουν το ποσοστό του βάρους των σκουπιδιών και των χνουδιών που υπάρχουν στο δείγμα. Στην Εικόνα 16 απεικονίζεται το σχηματικό διάγραμμα του αναλυτή ξένων σωμάτων και παρακάτω αναλύεται εκτενέστερα η διαδικασία του διαχωρισμού των ξένων σωματιδίων στο ακατέργαστο βαμβάκι με μηχανική μέθοδο [8].



Εικόνα 13 - Σχηματικό διάγραμμα του αναλυτή προσμίξεων

1.10.2 Περιγραφή του οργάνου

Ο Trash Analyzer αποτελείται από έναν κύλινδρο τροφοδοσίας και έναν ανεμιστήρα λειτουργία του οποίου αποτελεί να ανοίξει τις ίνες του βαμβακιού και να ξεχωρίσει τις ίνες από τα ξένα σώματα. Η διαδικασία αυτή μοιάζει πάρα πολύ και έχει πολλές ομοιότητες με αυτή μιας μικροσκοπικής μηχανής λαναρίσματος [17].

1.10.3 Προετοιμασία των δειγμάτων

Το ακατέργαστο βαμβάκι επιλέγεται από το δέμα που έχουμε στην διάθεση μας. Επόμενη διαδικασία θα είναι το ζύγισμα του δείγματος που θέλουμε να αναλύσουμε, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Έπειτα το βαμβάκι ανοίγεται προσεκτικά με το χέρι προτού τροφοδοτηθεί τελικά στον αναλυτή για περαιτέρω επεξεργασία, [17].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Μεθοδολογία της έρευνας – Προτεινόμενη Μέθοδος

2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΞΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

2.1 Βασικές Αρχές

Το βαμβάκι κατά την συλλογή του περιέχει πλήθος από ξένα σωματίδια όπως κλαδιά, πέτρες, χαλίκια, φύλλα, χώμα κλπ. Ο διαχωρισμός τους με το χέρι για να μετρηθεί το ποσοστό τους είναι μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία. Η ανάγκη λοιπόν για μια εύκολη μέτρηση του ποσοστού των ξένων σωματιδίων αποτελεί πρόκληση για την επιστημονική κοινότητα του κλάδου αυτού και όχι μόνο. Για τον λόγο αυτό η μέθοδος η οποία προτείνεται, αποτελεί μια σίγουρη και αξιόπιστη λύση για την ανάλυση των δειγμάτων βαμβακιού και την μέτρηση της περιεκτικότητας σε ξένα σώματα.

Η μέθοδος που αναπτύχθηκε για την αναγνώριση των ξένων σωματιδίων στο βαμβάκι, με την βοήθεια του προγράμματος MATLAB, βασίζεται στον διαχωρισμό των χρωματικών πληροφοριών της εικόνας. Αρχικά γίνεται μετατροπή της εικόνας μέσω του συστήματος απεικόνισης RGB, το οποίο "χωρίζει" την εικόνα σε τρία (3) κανάλια χρώματος (κόκκινο (R), πράσινο (G), μπλε (B)), στο σύστημα **HSV** όπου την διαχωρίζει σε **Hue**, **Saturation** και **Value**. Όπου Hue είναι η "απόχρωση", Saturation η "ένταση του χρώματος" και Value η "φωτεινότητα". Για τον εντοπισμό των ξένων σωμάτων ασχοληθήκαμε μόνο με το Saturation και το Value. Στη συνέχεια θέσαμε κατώφλια (thresholds) για το Value, ουσιαστικά απομονώνοντας τα πολύ "σκούρα" χρώματα που αποτελούν το μπλε background της εικόνας. Έπειτα θέτοντας άλλες τιμές κατωφλίων (threshold) για την ένταση του χρώματος (Saturation), καταφέρνουμε με τον τρόπο αυτό να απομονώσουμε τα πολύ "έντονα" χρώματα, δηλαδή τα ξένα σωματίδια. Να προσθέσω σ' αυτό το σημείο ότι αφαιρούνται μόνο τα ξένα σώματα καθώς το background έχει αφαιρεθεί από προηγούμενο βήμα και το βαμβάκι είναι λευκό και

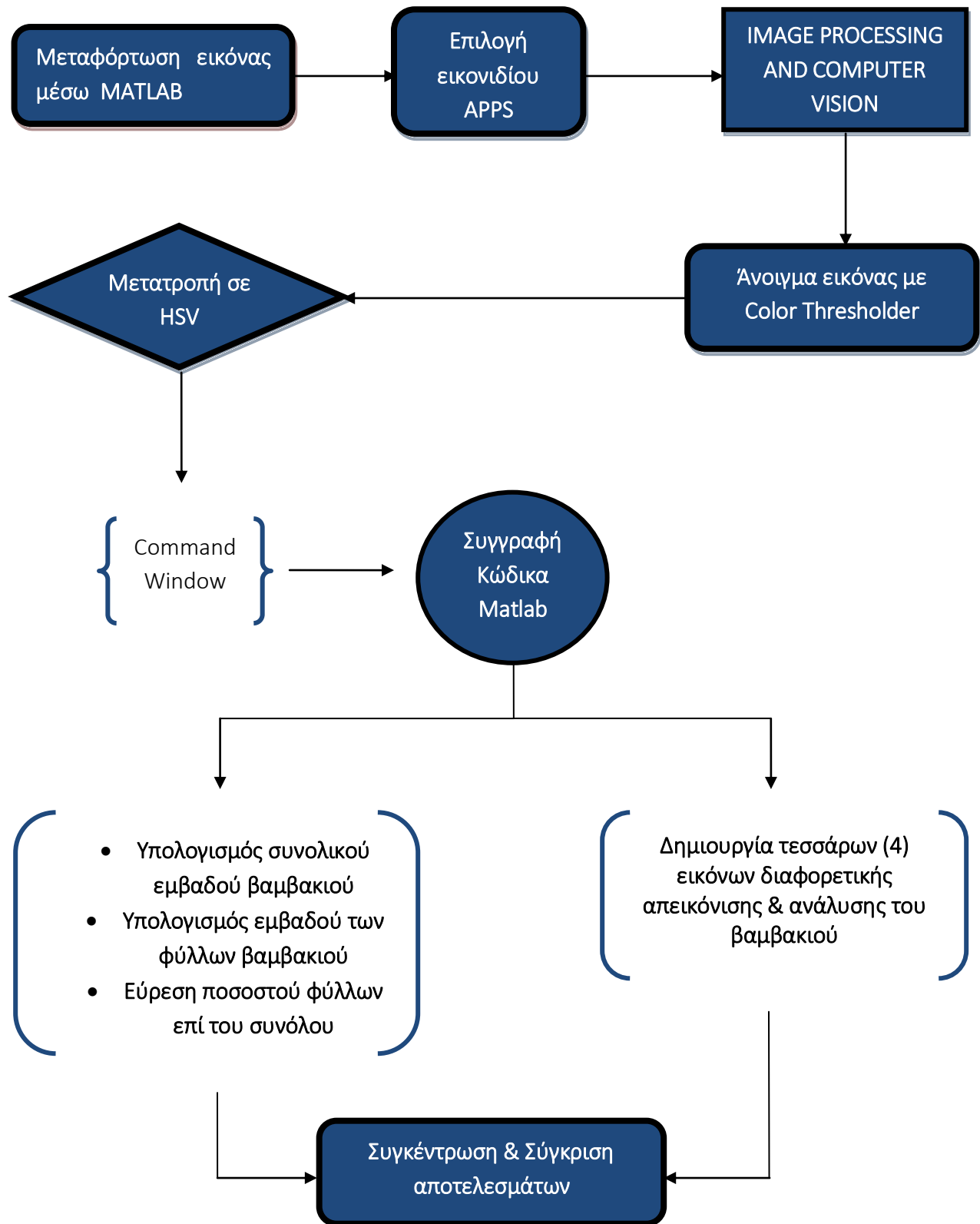
συνεπώς δεν θεωρείται έντονο χρώμα για να αφαιρεθεί. Τέλος με τα κατάλληλα βήματα γίνεται η μέτρηση του συνόλου των pixels που αποτελούν κάθε περιοχή ενδιαφέροντος (background, ξένα σώματα, βαμβάκι) και κάνοντας τις απαραίτητες μαθηματικές πράξεις μέσω εντολών στον κώδικα καταλήγουμε στον υπολογισμό του εμβαδού κάθε περιοχής και στα επιθυμητά αποτελέσματα, δηλ. τον προσδιορισμό του ποσοστού ξένων σωμάτων στο βαμβάκι.

2.2 Δομή κώδικα – Διάγραμμα Ροής

Πρώτο βήμα αποτελεί το άνοιγμα της εφαρμογής **MATLAB**. Πατώντας στην επιλογή **APPS** και στη συνέχεια επιλέγοντας την κατηγορία “**IMAGE PROCESSING AND COMPUTER VISION**”, κατευθυνόμαστε στο **Color Threshold**. Επόμενο βήμα αποτελεί το άνοιγμα της σκαναρισμένης εικόνας του βαμβακιού που μας ενδιαφέρει μέσω του **Color Threshold**. Για να βρούμε ποιες τιμές χρειαζόμαστε, πρέπει να απομονώσουμε τις χρωματικές περιοχές που μας ενδιαφέρουν. Η διαδικασία αυτή γίνεται με την ορισμό του **Color Threshold**. Να επισημάνω εδώ ότι δεν ασχοληθήκαμε καθόλου με το **Hue**, διότι στα παρακάτω ζητούμενα της εργασίας έγινε χρήση της εφαρμογής GIMP για τον υπολογισμό της μικρής και της μεγάλης διαμέτρου αντίστοιχα του κύκλου και του χαρτιού του βαμβακιού. Στη συνέχεια μέσω του *Command Window*, αφού έχουμε προηγουμένως “μετατρέψει” την εικόνα στο επίπεδο που επιθυμούμε, συγγράφουμε τον κώδικα μας. Σκοπός μας είναι να γίνει διαχωρισμός του χρώματος των φύλλων με το χρώμα των “κενών” ανάμεσα στο βαμβάκι και στο background. Με την ολοκλήρωση του κώδικα έχουμε την δυνατότητα να υπολογίσουμε:

1. Το συνολικό εμβαδόν σε pixels (με τα φύλλα χωρίς τα κενά).
2. Το εμβαδόν μόνο των φύλλων.
3. Το ποσοστό των φύλλων στο βαμβάκι επί του συνόλου.

Παρακάτω απεικονίζονται τα βήματα που χρησιμοποιήθηκαν με την μορφή ενός **Διαγράμματος Ροής – Flowchart**:



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εφαρμογή και Αποτελέσματα

3 – 3.1 Παραδείγματα – 1^ο Μέρος

Τελικώς εκτός από τα παραπάνω ζητούμενα τα οποία μπορούμε να υπολογίσουμε με την βοήθεια του κώδικα, μπορούμε να απεικονίσουμε και τον διαχωρισμό των χρωματικών πληροφοριών της εικόνας χωρίζοντας το σε άλλες επιμέρους εικόνες. Ως αποτέλεσμα εμφανίζονται τέσσερις (4) διαφορετικές εικόνες σε αριθμό με βάση την αρχική εικόνα που είχαμε μεταφορτώσει στο πρόγραμμα, τις οποίες μπορούμε να δούμε παρακάτω.

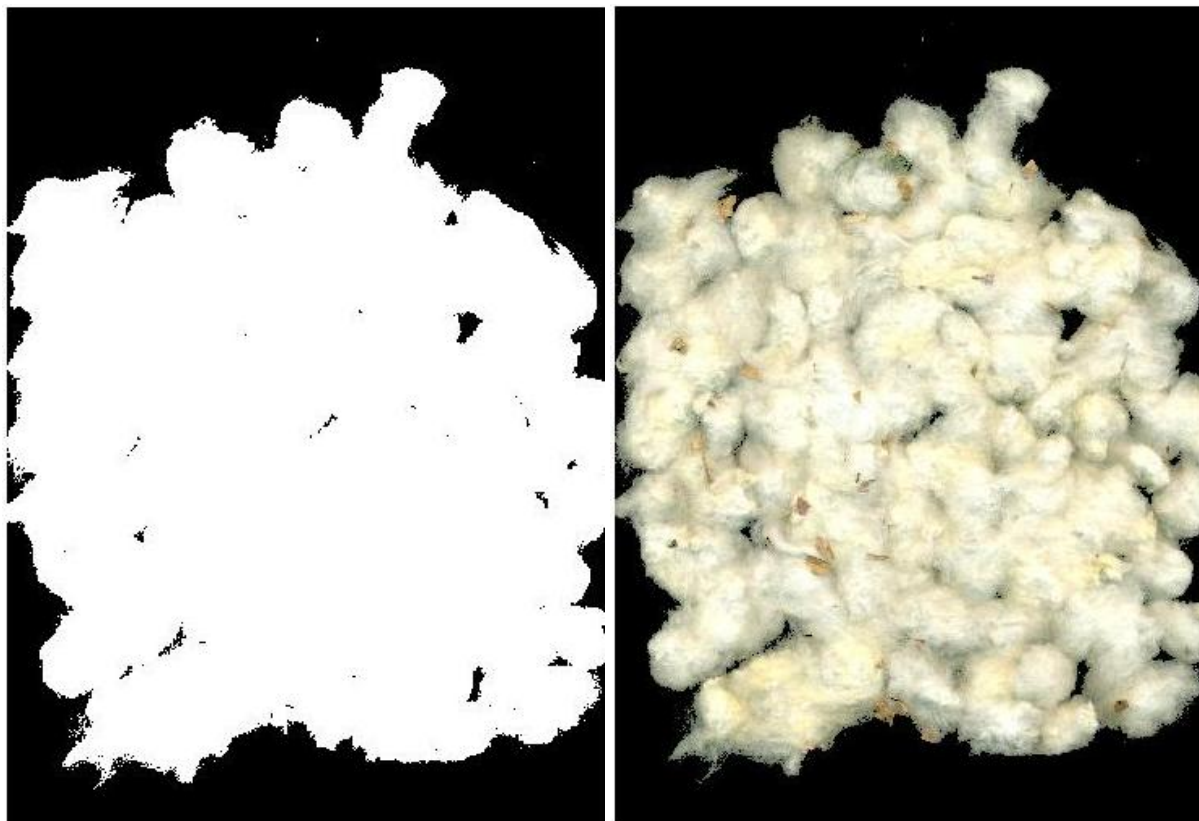
Η **1^η εικόνα** περιλαμβάνει το βαμβάκι σε ασπρόμαυρη μορφή (black & white), στην οποία έχει γίνει αφαίρεση του background και μετατροπή του ουσιαστικά σε μαύρο χρώμα. Βαμβάκι και φύλλα γίνονται λευκά. Στην **2^η εικόνα** απεικονίζεται το βαμβάκι με τα φύλλα ή αλλιώς τα ξένα σωματίδια καθώς και το background σε μαύρο χρώμα, μετά από αφαίρεση του μέσω των εντολών του κώδικα.

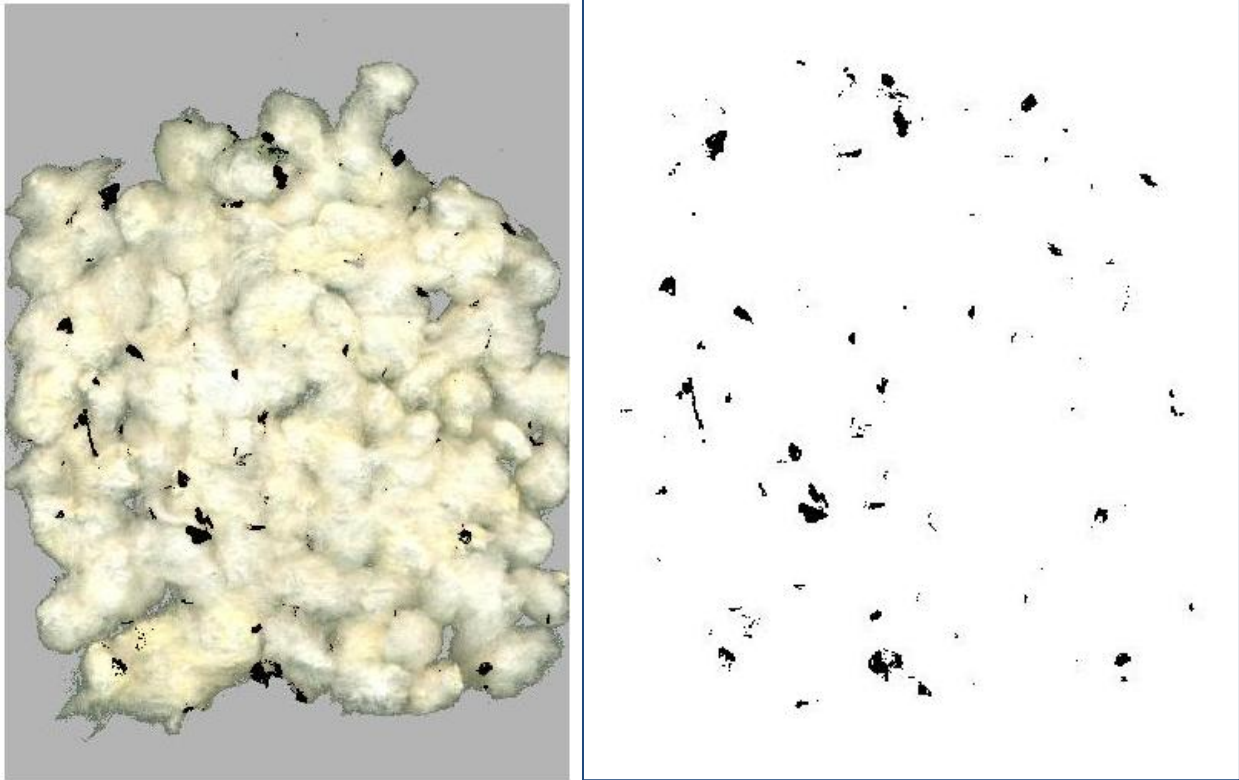


Εικόνα 14 – Αρχικό δείγμα βαμβακιού του πειράματος

Στην **3^η εικόνα** απεικονίζεται το βαμβάκι χωρίς τα φύλλα, αφού εδώ τα έχουμε αφαιρέσει και έχει γίνει μετατροπή του background του βαμβακιού σε γκρι χρώμα έτσι ώστε να διακρίνεται καλύτερα το βαμβάκι στο ανθρώπινο μάτι. Στην **4^η και τελευταία εικόνα** φαίνονται μόνο τα

φύλλα, τα οποία μπορούμε να διακρίνουμε σε μαύρο χρώμα, έχοντας γίνει αφαίρεση του βαμβακιού και του background.





Εικόνα 15 - Απεικόνιση διαφόρων σταδίων διαχωρισμού χρωματικής πληροφορίας της εικόνας

Έπειτα όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε πιο κάτω στον Πίνακα 14 (α), φαίνονται οι μετρήσεις των ποσοστών κατά βάρος, του συμφοιτητή Sharon Shuxraton, ο οποίος υπολόγισε το συνολικό εμβαδόν σε γραμμάρια, το εμβαδόν μόνο των φύλλων, το ποσοστό των φύλλων στο βαμβάκι επί του συνόλου και τον συνολικό μέσο όρο του βαμβακιού και των ξένων σωματιδίων των δειγμάτων. Στον Πίνακα 14 (β) φαίνονται οι μετρήσεις των ποσοστών κατά επιφάνεια, αφού υπολογίστηκαν μέσω κώδικα Matlab, το συνολικό εμβαδόν σε pixels, το εμβαδόν μόνο των φύλλων σε pixels, το ποσοστό των φύλλων στο βαμβάκι επί του συνόλου και τον συνολικό μέσο όρο των ξένων σωματιδίων των δειγμάτων. Παρατηρούμε ότι η μέθοδος μέτρησης ποσοστών κατά επιφάνεια με την χρήση Matlab δεν έχει ιδιαίτερες αποκλίσεις από την μέθοδο μέτρησης ποσοστών κατά βάρος που χρησιμοποιήθηκε στο

εργαστήριο.

EXPERIMENT - 2017 Laboratory G025									EXPERIMENT - 2017 Results using MATLAB program						
	Cotton Varieties	Number	Cotton with scrap, g	Scrap (Waste), g	Cotton, %	Average value, %	Scrap, %	Average value, %		Cotton Varieties	Number	Cotton with scrap, px	Scrap (Waste), px	Scrap, %	Average value, %
1	1-1	1	12.477	0.154	98.77	98.79	1.23	1.21	1	1-1	1	17928656	275523	1.536	1.71
2		2	12.167	0.118	99.03		0.97		2		18443866	299482	1.623		
3		3	10.793	0.189	98.25		1.75		3		17770888	349686	1.967		
4		4	11.279	0.122	98.92		1.08		4	18354909	792867	4.3196	3.68		
5		5	10.926	0.113	98.97		1.03		5	20817888	660461	3.1726			
6	1	15.264	0.806	94.72	5.28	6	18293612	662709	3.5521						
7	1-2	2	14.575	1.08	92.59	94.20	7.41	5.80	7	3-2	1	14692247	807048	5.493	5.15
8		3	14.502	0.851	94.13		5.87		8		12686775	675660	5.3257		
9		4	17.204	0.431	97.49		2.51		9		14409061	666982	4.6289		
10		5	11.762	0.935	92.05		7.95								
11		3-2	1	13.605	2.96		78.24		76.90	21.76	23.10				
12	2		12.03	1.759	85.38	14.62									
13	3		12.844	3.324	74.12	25.88									
14	4		12.526	3.742	70.13	29.87									
15	5		12.265	2.864	76.65	23.35									

(α)

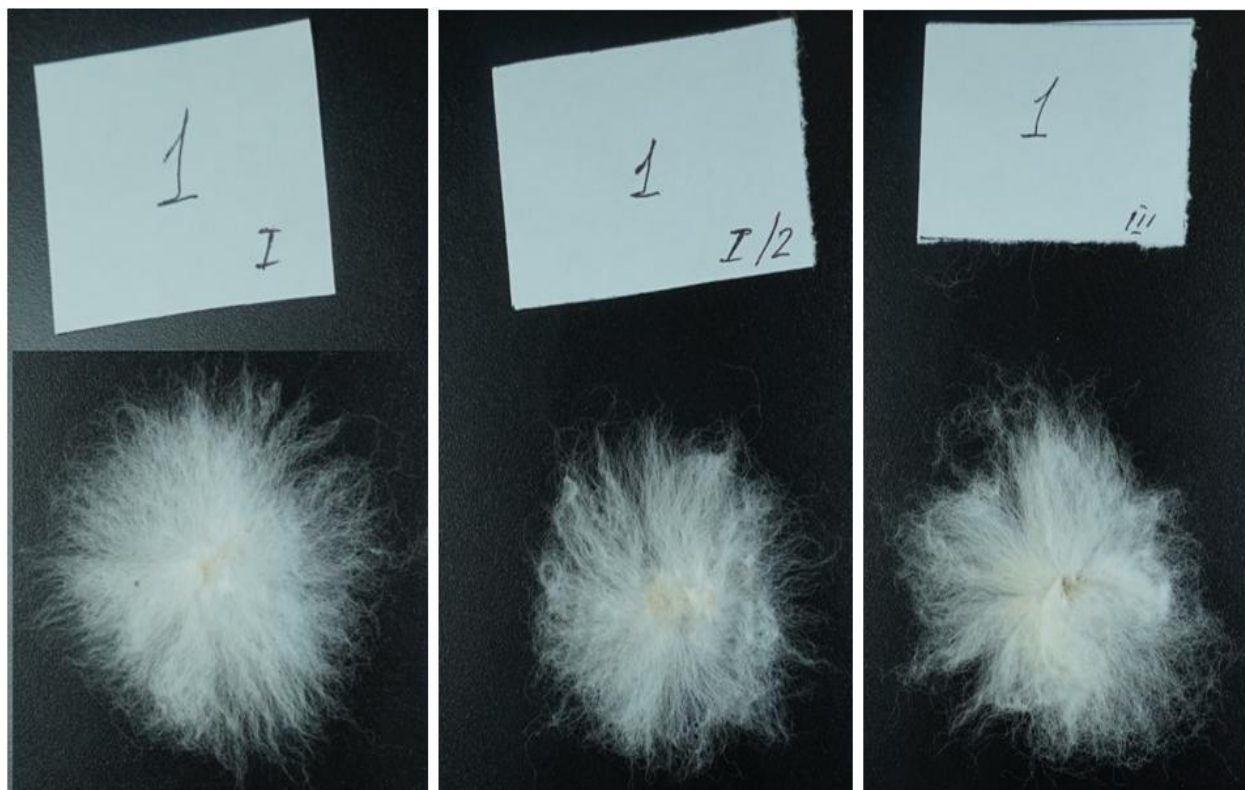
(β)

Πίνακας 14 - Μετρήσεις που περιλαμβάνουν (α) το συνολικό εμβαδόν σε γραμμάρια, το εμβαδόν μόνο των φύλλων σε γραμμάρια, το ποσοστό του βαμβακιού επί του συνόλου, το ποσοστό των φύλλων στο βαμβάκι επί του συνόλου, τον συνολικό μέσο όρο των δειγμάτων κάθε είδους βαμβακιού και (β) το συνολικό εμβαδόν σε pixels, το εμβαδόν μόνο των φύλλων σε pixels, το ποσοστό των φύλλων στο βαμβάκι επί του συνόλου και τον συνολικό μέσο όρο των δειγμάτων κάθε είδους βαμβακιού .

3.2 Παραδείγματα – 2^ο Μέρος

Στη συνέχεια της έρευνας έγινε προσπάθεια ανάλυσης των διαστάσεων των δειγμάτων βαμβακιού. Σε συνεργασία με τον φοιτητή Sharof Shuxraton, ο οποίος παρείχε τα δείγματα βαμβακιού με βάση τα οποία αναλύθηκαν και μετρήθηκαν οι διαστάσεις των χαρτιών πάνω στα οποία πρέπει να τοποθετηθεί το βαμβάκι για να μπορέσουμε να έχουμε την κλίμακα μέτρησης. Τα δείγματα που υπήρχαν διαθέσιμα ήταν 15 στο σύνολο τους, από τρία είδη βαμβακιού με το κάθε είδος να περιλαμβάνει 5 διαφορετικά δείγματα σε αριθμό. Στην Εικόνα

16 μπορούμε να δούμε ένα δείγμα χαρτιού και ένα βαμβάκι από κάθε είδος βαμβακιού πάνω στα οποία βασίστηκαν οι μετρήσεις.



Εικόνα 16 - Παράδειγμα ενός βαμβακιού από κάθε είδος πάνω στα οποία έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί

Η καταμέτρηση των πίξελ έγινε με βοήθεια της εφαρμογής GIMP (παρόμοιο με την εφαρμογή Paint, με την ύπαρξη περισσότερων δυνατοτήτων). Αρχικά έχοντας τις διαστάσεις x και y σε χιλιοστόμετρα (mm) των χαρτιών πάνω στα οποία τοποθετείται το βαμβάκι και με την μέτρηση του Δx και Δy του κάθε χαρτιού σε pixels, έγινε ο υπολογισμός του Μέσου Όρου, με την εύρεση των διαστάσεων του ενός pixel. Στη συνέχεια μετρήθηκε η μεγάλη και η μικρή διάμετρος του βαμβακιού που περικλείει τον σπόρο του βαμβακιού. Για να γίνει αυτό εφικτό έγινε προσπάθεια αφαίρεσης των τριχών που προεξέχουν από βαμβάκι με μετατροπή του βαμβακιού σε κυκλική μορφή, με την βοήθεια του εργαλείου μετατροπής κύκλου, “κόβοντας” στην ουσία τις ίνες που πετάνε για τον προσδιορισμό των pixels της μεγάλης διαμέτρου και της μικρής διαμέτρου αντίστοιχα του κύκλου του βαμβακιού. Έπειτα αφού μετρήθηκαν τα pixels της μεγάλης και μικρής διαμέτρου ($D_{\max_ΚΥΚΛΟΥ}$ και $D_{\min_ΚΥΚΛΟΥ}$), έγινε ο υπολογισμός των διαστάσεων της μεγάλης διαμέτρου και της μικρής διαμέτρου του βαμβακιού σε mm, μέσω του πολλαπλασιασμού των διαστάσεων του ενός pixel με τα αντίστοιχα pixels της μεγάλης και μικρής διαμέτρου: $(MO \times D_{\max})$ & $(MO \times D_{\min})$. Στο τελικό στάδιο υπολογίστηκε ο μέσος όρος των μεγάλων και μικρών διαστάσεων και των πέντε δειγμάτων από κάθε είδος.

Τα αποτελέσματα των πράξεων παρατίθενται παρακάτω χωρισμένα σε τρεις (3) πίνακες ανάλογα με το είδος του βαμβακιού:

1ο ΕΙΛΟΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ											
	Δx (px)	Δy (px)	43 mm/ Δx	35 mm/ Δy	Mo (mm) dims of 1 pixel	Dmax ΚΥΚΛΟΥ(px)	Dmin ΚΥΚΛΟΥ(px)	Mo * Dmax (mm)	Mo * Dmin (mm)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 1 Dmax	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 1 Dmin
1	792	677	0.054292929	0.051698671	0.0529	630	325	33.327	17.1925	34.0649596	19.973323
2	764	668	0.052356021	0.05239521	0.05235	667	406	34.91745	21.2541		
3	803	684	0.05105853	0.051169591	0.05105	690	396	35.2245	20.2158		
4	785	687	0.050955414	0.050946143	0.0509505	696	430	35.461548	21.908715		
5	798	676	0.05263158	0.05177515	0.05215	602	370	31.3943	19.2955		

2ο ΕΙΛΟΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ											
	Δx (px)	Δy (px)	46 mm/ Δx	35 mm/ Δy	Mo (mm) dims of 1 pixel	Dmax ΚΥΚΛΟΥ(px)	Dmin ΚΥΚΛΟΥ(px)	Mo * Dmax (mm)	Mo * Dmin (mm)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 2 Dmax	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 2 Dmin
1	896	634	0.051339286	0.055205047	0.05325	540	366	28.755	19.4895	34.6618592	21.007403
2	751	648	0.05326232	0.05401235	0.0536	656	398	35.1616	21.3328		
3	800	663	0.05125	0.05279035	0.05202	720	416	37.4544	21.64032		
4	827	689	0.05078597	0.05079826	0.0507915	704	410	35.757216	20.824515		
5	792	682	0.05176768	0.05131965	0.05154	702	422	36.18108	21.74988		

3ο ΕΙΛΟΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ											
	Δx (px)	Δy (px)	46 mm/ Δx	35 mm/ Δy	Mo (mm) dims of 1 pixel	Dmax ΚΥΚΛΟΥ(px)	Dmin ΚΥΚΛΟΥ(px)	Mo * Dmax (mm)	Mo * Dmin (mm)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 3 Dmax	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 3 Dmin
1	890	627	0.05168539	0.05263158	0.0521	538	322	28.0298	16.7762	33.42328	17.06602
2	764	647	0.05235602	0.05100464	0.05165	598	334	30.8867	17.2511		
3	797	631	0.05144291	0.05546751	0.0534	690	266	36.846	14.2044		
4	823	642	0.05103281	0.05451713	0.05275	658	328	34.7095	17.302		
5	787	656	0.05209657	0.05335366	0.05265	696	376	36.6444	19.7964		

Πίνακας 15 - Πίνακες αποτελεσμάτων τριών διαφορετικών ειδών βαμβακιού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ανάλυση Αποτελεσμάτων – Συζήτηση

4 Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθούν τα αποτελέσματα που ελήφθησαν στα κεφάλαια 2 και 3. Με τον διαχωρισμό των χρωματικών πληροφοριών των εικόνων του βαμβακιού καθίσταται εφικτή και ποιο εύκολη η ανάλυση και ο διαχωρισμός των ξένων σωμάτων του βαμβακιού μέσω του κώδικα, αφού το πρόγραμμα μπορεί να “διαβάσει” με μεγαλύτερη ακρίβεια την διαφορά της χρωματικής πληροφορίας και να ξεχωρίσει έτσι τα ξένα σώματα. Στη συνέχεια μέσω μαθηματικών πράξεων με την μορφή εντολών στον κώδικα μπορεί να ευρεθεί εν τέλει το εμβαδόν βαμβακιού, το εμβαδόν των φύλλων του βαμβακιού και το ποσοστό των ξένων σωματιδίων στο σύνολο τους. Στα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν στον Πίνακα 14, βλέπουμε ότι στο 1^ο είδος βαμβακιού (1-1), οι Μέσοι Όροι από την μέτρηση των ποσοστών των ξένων σωματιδίων κατά βάρος (Πίνακας (α)) και οι αντίστοιχοι Μέσοι Όροι από την μέτρηση των ποσοστών των ξένων σωματιδίων κατά επιφάνεια (Πίνακας (β)) δεν έχουν μεγάλη διαφορά, αφού οι τιμές συγκλίνουν μεταξύ τους. Στο 2^ο είδος βαμβακιού (1-2) παρατηρούμε ότι υπάρχει μια αξιοσημείωτη απόκλιση μεταξύ των μετρήσεων των Μέσων Όρων στους πίνακες (α) και (β). Σημαντική διαφορά μεταξύ της 1^{ης} και της 2^{ης} Μεθόδου (Πίνακας (α) και (β) αντίστοιχα) υπάρχει μεταξύ των Μέσων Όρων των δειγμάτων του 3^{ου} είδους βαμβακιού (3-2), που εδώ η απόκλιση είναι αρκετά μεγάλη και εμφανής.

Στη συνέχεια έγινε απεικόνιση των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με τον υπολογισμό, από τις διαστάσεις των χαρτιών πάνω στα οποία τοποθετείται το βαμβάκι, του ΜΟ (διαστάσεις ενός pixel) και τον υπολογισμό της μεγάλης και μικρής διαμέτρου του βαμβακιού, με σκοπό την εύρεση των διαστάσεων του βαμβακιού σε χιλιοστά (mm). Στον πίνακα 15 βλέπουμε ότι και στα 3 είδη βαμβακιού τα χαρτιά πάνω στα οποία τοποθετούνται τα δείγματα βαμβακιού έχουν μηδαμινές διαφορές μεταξύ τους όσον αφορά το μέγεθος και τις διαστάσεις τους. Οι

Μέσοι Όροι των διαστάσεων του ενός pixel σε κάθε δείγμα βαμβακιού που υπολογίστηκαν επίσης δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες αποκλίσεις.

Τα αποτελέσματα από την μέτρηση της μεγάλης και της μικρής διαμέτρου του κύκλου του βαμβακιού κυμαίνονται από 538 – 720 pixels για την μεγάλη διάμετρο και από 322 – 430 pixels, σε κάθε δείγμα βαμβακιού για καθένα από τα τρία είδη.

Με βάση τους υπολογισμούς που έγιναν, δηλ. με τον πολλαπλασιασμό, σε κάθε δείγμα, των διαστάσεων του ενός pixel με την μεγάλη και μικρή διάμετρο βλέπουμε και στους τρεις πίνακες ότι δεν υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ των τελικών αποτελεσμάτων των διαστάσεων του βαμβακιού. Οι Μέσοι Όροι των ειδών βαμβακιού 1, 2 και 3 της μεγάλης διαμέτρου δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά μεταξύ τους αφού ο Μέσος Όρος του δείγματος 1 είναι 34.0649%, του δείγματος 2 είναι 34.66% και του δείγματος 3 είναι 33.42%. Μια μικρή απόκλιση παρατηρείται μεταξύ των Μέσων Όρων των ειδών βαμβακιού 1, 2 και 3 της μικρής διαμέτρου, καθώς ο Μέσος Όρος του 1^{ου} δείγματος είναι 19.97%, του 2^{ου} δείγματος 21.07% και του 3^{ου} δείγματος 17.06%, όπως φαίνεται στον Πίνακα 15.

Να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις με την μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για το 2^ο μέρος δεν είναι τόσο ακριβείς όσο με την εφαρμογή άλλου ειδικού προγράμματος, διότι έγιναν με εφαρμογή GIMP. Αυτή ήταν η μόνη επίπτωση όσον αφορά την συγκεκριμένη μέθοδο. Παρ' όλα αυτά οι τεχνικές που αναπτύχθηκαν στην παρούσα εργασία αποδείχτηκαν στο μεγαλύτερο μέρος τους αποτελεσματικές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα – Προτάσεις

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να ανιχνεύσουμε με ποιο γρήγορο και αξιόπιστο τρόπο την ξένη ύλη στα συλλεγμένα δείγματα του σύσπορου βαμβακιού μας και να έχουμε αποτελέσματα που ανταποκρίνονται όσο το δυνατόν περισσότερο στην πραγματικότητα με ορθές και λογικές μετρήσεις. Η εφαρμογή Matlab περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα εργαλεία που χρειαζόμαστε έτσι ώστε να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια και σιγουριά το περιεχόμενο των ξένων σωματιδίων στο βαμβάκι και τον τελικό διαχωρισμό τους από αυτό. Η προσπάθεια εστιάστηκε στο να γίνει ποιά εύκολος ο διαχωρισμός των ξένων σωματιδίων από το σύνολο της μάζας του βαμβακιού, με στόχο να δώσουμε την δυνατότητα στους παραγωγούς και τους καλλιεργητές να υπολογίζουν το ποσοστό των ξένων σωμάτων στην σοδειά τους, έτσι ώστε το βαμβάκι να είναι σε μεγάλο βαθμό καθαρό και απαλλαγμένο από ξένη ύλη με όσο γίνεται μικρότερη απόκλιση λάθους. Η παρούσα εργασία ανοίγει νέες διεξόδους και προοπτικές στην μέτρηση, ανίχνευση και ανάλυση της μάζας του βαμβακιού, αφού μπορεί να υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ότι στο παρελθόν η "ζύγιση" των σκουπιδιών σε σχέση με την συνολική μάζα του δείγματος του βαμβακιού. Βασικό προβληματισμό αποτελεί το γεγονός ότι δεν υπάρχει αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού του ποσοστού ξένων σωμάτων στο βαμβάκι. Επιπλέον σε χώρες που οι συνθήκες καθιστούν δύσκολη την καλλιέργεια βαμβακιού, όπως στην χώρα του Ουζμπεκιστάν, δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές και τα κατάλληλα εργαλεία έτσι ώστε να υπάρξει δυνατότητα μέτρησης και ανάλυσης του ποσοστού των ξένων σωμάτων στα καλλιεργούμενα βαμβάκια. Εξαιτίας λοιπόν του λόγου αυτού προτάθηκε στην εργασία αυτή μια μέθοδος εκτίμησης και ανάλυσης των δειγμάτων βαμβακιού για να μπορέσουμε να καλύψουμε το κενό αυτό και να συνεισφέρουμε στην λύση του προβλήματος αυτού. Οι ήδη υπάρχουσες μέθοδοι και τα διαθέσιμα μέσα για την μέτρηση της περιεκτικότητας της ξένης ύλης στο βαμβάκι βασίζονται κατά κύριο λόγο στους αναλυτές ξένων υλών, οι οποίοι εκτός του ότι απαιτούν χρονοβόρες και δαπανηρές διαδικασίες, χρησιμοποιούνται μόνο στο εκκοκισμένο βαμβάκι και όχι στο σύσπορο που λειτουργούμε εμείς με την μέθοδο που

αναπτύχθηκε. Επιπλέον η χρήση του MATLAB καθιστά την διαδικασία αυτή πιο “εύκολη” και επιπλέον ποιο σύντομη, από την παρεμφερή αντίστοιχη χρήση των αναλυτών (trash analyzers). Με το πρόγραμμα του Matlab μπορούμε να επεξεργαστούμε τις χρωματικές αποχρώσεις της σκαναρισμένης με ειδικό μηχάνημα εικόνας που περιέχει το δείγμα του βαμβακιού κάνοντας εφικτό τον υπολογισμό του ποσοστού του συνόλου του βαμβακιού, των φύλλων & των ξένων σωματιδίων, καθώς και το εμβαδόν τους που έχει ως αποτέλεσμα τον ποιο ακριβή μεταξύ τους διαχωρισμό. Μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι το βαμβάκι κατά την διάρκεια του σκαναρίσματος, θα πρέπει να τοποθετείται σε επιφάνεια με όσο το δυνατόν πιο σκούρο χρώμα, αλλιώς σε αντίθετη περίπτωση ο διαχωρισμός της χρωματικής πληροφορίας, μέσω του Matlab, θα καθίσταται πιο δύσκολος. Επιπλέον η επόμενη παρατήρηση που έγινε είναι ότι στην περίπτωση υπολογισμού των διαστάσεων της συνολικής μάζας του βαμβακιού, καθώς και του σπόρου του δεν μπορεί να υπάρξει απόλυτη ακρίβεια στις μετρήσεις. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για τον σκοπό της παρούσας εργασίας, περιγράφηκε και διατυπώθηκε αναλυτικά και εκτενέστερα στα προηγούμενα κεφάλαια. Ο κώδικας που δημιουργήθηκε παρουσιάζεται στο τέλος της εργασίας στο Παράρτημα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ

Βιβλιογραφία – Πηγές στην ελληνική γλώσσα

- [1] Wikipedia, “*Βαμβάκι*”, 2018 [On-line source]. Available at URL: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CE%AC%CE%BA%CE%B9> [Accessed: November 2017]
- [2] Wikipedia, “*Βαμβάκι (ίνα)*”, 2018 [On-line source]. Available at URL: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CE%AC%CE%BA%CE%B9 \(%CE%AF%CE%BD%CE%B1\)](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CE%AC%CE%BA%CE%B9 (%CE%AF%CE%BD%CE%B1)) [Accessed: November 2017]
- [3] “*Βαμβάκι*”, Article [On-line source]. Available at URL: <http://www.ready.gr/gr/content/articles/vamvaki> [Accessed: November 2017]
- [4] ΠΑΡΑΓΩΓΗ, Christos Avgoulas, “*Βαμβάκι: Τα μυστικά της καλλιέργειας*”, 11 January 2015. Available at URL: <https://www.pemptousia.gr/2015/01/vamvaki-ta-mistika-tis-kalliergias/>
- [5] Εκκοκκιστήρια Λιβαδείας ΜΙΧΑΣ Α.Ε.Β.Ε, “*Εκκοκκιστήριο – Περιγραφή Λειτουργίας*”, [On-line source]. Available at URL: <http://www.michas-levcot.com/cotton/main.php?pg=2&LANG=gr>
- [6] Λεωνιδάκης Δημήτριος, “*Η εκτίμηση της ποιότητας του βαμβακιού και οι παράγοντες που την καθορίζουν*”, 23 Ιανουαρίου 201. [On-line source]. Available at URL: <http://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/pollaplasiastiko-yliko/item/880>
- [7] A.F. RICHARDS, A.E. COPPER, M. MIRAFTAB, D.A. HOLMES ΚΛΩΣΤΟΨΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΝΕΣ, ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ, ΣΑΒΒΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ, ΘΑΝΟΣ ΠΕΠΠΑΣ, ΑΘΗΝΑ 2003

- [8] T. ROWE, K.P. BUSBY, J.R. HALFPENNEY, D.A. HOLMES ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΝΗΜΑΤΩΝ, ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ, ΘΑΝΟΣ ΠΕΠΠΙΑΣ, ΣΑΒΒΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ, ΑΘΗΝΑ 2003
- [9] Δρ. ΘΑΝΟΣ Π. ΠΕΠΠΙΑΣ, Συμβατική Νηματοποίηση στο Βαμβακερό Σύστημα, 2^η Έκδοση Μαΐος 1998

Βιβλιογραφία – Πηγές σε Ξένες γλώσσες

- [10] Swicofil, “*Natural and Synthetic Fibres*”, [On-line source]. Available at URL: <http://www.swicofil.com/products/001cotton.html#Processability> [Accessed: November 2017]
- [11] Cotton Incorporated, “*Color Chart*”, [On-line source]. Available at URL: <http://www.cottoninc.com/fiber/quality/us-fiber-chart/hvi-color-chart/> [Accessed: November 2017]
- [12] Cotton Incorporated, “*Classification of Upland cotton*”, [On-line source]. Available at URL: <http://www.cottoninc.com/fiber/quality/Classification-Of-Cotton/Classification-Upland-Cotton/> [Accessed: November 2017]
- [13] Cotton Counts, “*Cotton: From Field to Fabric*”, [On-line source]. Available at URL: <https://www.cotton.org/pubs/cottoncounts/fieldtofabric/gin.cfm> [Accessed: November 2017]
- [14] Biniya Arakkal, *Natural Fiber Cotton*, Institute of Design & Technology, 2015, <https://www.slideshare.net/biniyaa1/unit-2-cotton>
- [15] Textinfo, “*Short Staple Processing*”, 28 October 2011 [On-line source]. Available at URL: <https://textinfo.wordpress.com/2011/10/28/yarn-making-spinning-process/>

- [16] Statista, “*Cotton Production by country worldwide in 2016/2017*”, 2018. [On-line source]. Available at URL: <https://www.statista.com/statistics/263055/cotton-production-worldwide-by-top-countries/> [Accessed: January 2017]
- [17] TEXTILE MATES, Rohit, “*Determination Of Trash & Lint Content In Raw material*”, 11 August 2017. [On-line source]. Available at URL: <https://www.textilemates.com/determination-trash-lint-cotton-fiber/>
- [18] Boshra D. Farah et al., “*Image Processing in the Measurement of Trash Contents and Grades in Cotton*”, *School of Engineering, University of South Wales*, pp. 629-632, 1996
- [19] Barnhardt Purified Cotton, “*Cotton Fiber Properties*”, 2018. [On-line source]. Available at URL: <https://www.barnhardtcotton.net/technology/cotton-properties/>
- [20] Textile Fashion Study, Textile Engineering & Fashion Design Blog, “*Cotton Fiber – Physical And Chemical Properties Of Cotton*”, 23 June 2012. [On-line source]. Available at URL: <http://textilefashionstudy.com/cotton-fiber-physical-and-chemical-properties-of-cotton/>
- [21] Lily Bhagat, “*Cotton fiber manufacturing, physical and chemical properties*”, Panjab University, Chandigarh, Published on Oct 7 2013 [On-line source]. Available at URL: <https://www.slideshare.net/lilybhagat3/cotton-fiber-manufacturing-physical-and-chemical-properties>
- [22] Zachary Phillip Eder, “*Cotton Leaf Grade as Influenced by Harvest Aid Regimes Cultivar Characteristics*”, Texas A&M University, August 2013. Available: <http://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/151364/EDER-DISSERTATION-2013.pdf?sequence=1>
- [23] Marie-Therese Wisniowski, Art Quill Studio, “*Cellulosic Fibers (Natural) – Cotton[1-3] Art Resource*”, 1 February 2014 [On-line source]: <http://artquill.blogspot.gr/2014/02/cellulosic-fibers-natural-cotton-1-3.html>

- [24] WWF, “*Overview – Impacts – What WWF is doing?*”, Washington, DC [On-line source]. Available at: <https://www.worldwildlife.org/industries/cotton>
- [25] US Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, Cotton: World Markets and Trade, “*Lower U.S Export Forecast Nonetheless Dependent on Strong Late-Season Shipments*” February 2018. Available: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/cotton-market/cotton-market-02-08-2018.pdf>
- [26] Statista, “*Global cotton stocks-to-use ratio from 1990 to 2017*”, 2018. [On-line source]. Available at URL: <https://www.statista.com/statistics/259406/cotton-stocks-to-use-ratio-worldwide-since-1990/>
- [27] Statista, “*Leading cotton importing countries in 2016/2017*”, 2018. [On-line source]. Available at URL: <https://www.statista.com/statistics/191896/leading-cotton-importing-countries/>
- [28] Statista, “*Leading cotton exporting countries in 2016/2017*”, 2018 [On-line source]. Available at URL: <https://www.statista.com/statistics/191895/leading-cotton-exporting-countries/>
- [29] Wikipedia, “*Cotton Production in Uzbekistan*”, 24 January 2018 [On-line source]. Available at URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cotton_production_in_Uzbekistan
- [30] The World Bank in Uzbekistan, “*CountrySnapshot*”, Available at: <http://pubdocs.worldbank.org/en/421341493272766409/Uzbekistan-Snapshot-April-2017.pdf>
- [31] USDA Foreign Agricultural Service, Global Agricultural Information Network, Ibrahim Sirtioglu, “*Uzbekistan – Republic of Cotton and Products Annual Report*, 4/4/2016 Available at: <https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Cotton%20and%20Products%20Annual%20Tashkent%20Uzbekistan%20-%20Republic%20of%204-4-2016.pdf>

- [32] Bakhodyr Muradov and Alisher Ilkamov, “*Uzbekistan’s Cotton Sector: Financial Flows and Distribution of Resources*”, Working Paper, Open Society Foundations, October 2014 Available at: [uzbekistans-cotton-sector-20141021.pdf](#)
- [33] Mazharul Islam Kiron, “*Ginning – Cotton Ginning Process – Types of Ginning*”, [On-line source]. Available at URL: https://textilelearner.blogspot.com/2011/08/what-is-ginning-cotton-ginning-types-of_8829.html

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

```
[bw_nobg,color_nobg]=rmbg(x1A_1_b);  
% Extract the individual red, green, and blue color channels.  
redChannel = color_nobg(:, :, 1);  
greenChannel = color_nobg(:, :, 2);  
blueChannel = color_nobg(:, :, 3);  
% Find pixels that are pure black - black in all 3 channels.  
blackPixels = redChannel == 0 & greenChannel == 0 & blueChannel  
== 0;  
% Make GRAY (180,180,180)  
redChannel(blackPixels) = 180;  
greenChannel(blackPixels) = 180;  
blueChannel(blackPixels) = 180;  
% Recombine separate color channels into a single, true color  
RGB image.  
grey_nobg = cat(3, redChannel, greenChannel, blueChannel);  
[bw_leafonly, grey_noleaf] = rmleaf(grey_nobg);  
imshow(bw_nobg)  
figure  
imshow(color_nobg)  
figure  
imshow(grey_noleaf)  
% Υπολογισμός συνολικού εμβαδού του cotton, με τα φύλλα xwriss ta  
kena (A)  
cot_w_leaf = sum(bw_nobg(:)==1)  
figure
```

```
imshow(bw_leafonly)

% Υπολογισμός εμβαδού fyllwn (B)
leaf = sum(bw_leafonly(:)==0)

% Ποσοστό fyllwn επί του συνόλου (C)
(leaf/cot_w_leaf)*100
```