

Πανεπιστήμιο Πατρών

Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών
Τομέας Διοίκησης και Οργάνωσης

Τεχνολογικές μεταβάσεις και παρουσίαση της μεθόδου MLP

Καράλας Αθανάσιος

Περίληψη

Η εκρηκτική τεχνολογική πρόοδος και οι κοινωνικές μεταβολές γενικότερα, δημιουργούν μια δυναμική και παροδική ισορροπία σε κάθε κλάδο της τεχνολογίας, με την τεχνολογική υποκατάσταση να είναι αναμενόμενη και πολλές φορές, το ζητούμενο. Ο τρόπος, τα αίτια και οι μηχανισμοί μίας μετάβασης επομένως, αποτελούν γόνιμο έδαφος για μελέτη, αξιολόγηση και εν τέλει βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και του βιοτικού επιπέδου. Επιπρόσθετα στις ήδη υπάρχουσες τυπολογίες μετάβασης, προτείνεται μια εναλλακτική προσέγγιση των κοινωνικοτεχνικών συστημάτων και των μεταβάσεων σε αυτά, μέσω της προσέγγισης των πολλαπλών επιπέδων (MLP). Παρουσιάζονται και αναλύονται οι μεταβάσεις μέσα σε ένα ευρύ πλαίσιο, αυτό του κοινωνικοτεχνικού συστήματος. Οι έννοιες στις οποίες βασίζεται η εργασία είναι ο θύλακας, το καθεστώς και το τοπίο, ως εναλλακτικές των παραδοσιακών μικρο και μακρο επιπέδων. Καταληκτικά, παραθέτονται κάποιες ενδεικτικές μελέτες περίπτωσης, σε διαφορετικά πλαίσια κάθε φορά, ώστε να γίνουν διακριτές οι εφαρμογές και η χρησιμότητα της προσέγγισης.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	2
Πρόλογος	5
1ο κεφάλαιο: Γενικά στοιχεία.....	5
1.1 Τυπολογίες μετάβασης.....	5
1.2 Συν-εξέλιξη	6
1.2.1 Συν-εξέλιξη σε επίπεδο αναδυόμενων καινοτομιών	6
1.2.2 Συν-εξέλιξη στο επίπεδο των υπαρχουσών διαμορφώσεων	7
1.2.3 Συν-εξέλιξη σε μακρο-επίπεδο	8
1.3 Σύμφωνα με τα εξελικτικά οικονομικά	10
1.4 Κυρίαρχος σχεδιασμός, αλλαγές, υποκατάσταση	10
2ο κεφάλαιο: Μεταβάσεις & MLP	11
2.1 Η προσέγγιση των πολλαπλών επιπέδων (Multi-level perspective).....	11
2.2 Κριτική του MLP	12
2.3 Είδη Συστημάτων	13
2.4 Η αλλαγή στα διάφορα συστήματα.....	14
2.5 Όρια συστήματος.....	15
2.6 Η πρόσθετη πορεία.....	17

2.6.1 Μεταφορά θύλακα	18
2.6.2 Παρεμβολή θύλακα	18
2.6.3 Αυτονομία θύλακα	19
2.6.4 Εμφάνιση θύλακα	19
2.6.5 Συμπεράσματα των τύπων αλληλεπίδρασης.....	20
2.7 Θύλακες, καθεστώς, τοπίο	22
2.7.1 Θύλακες	22
2.7.2 Καθεστώτα	23
2.7.3 Τοπία	24
2.8 Το ταξίδι της καινοτομίας.....	26
2.9 Τα είδη των καινοτομιών.....	27
2.10 Οι φάσεις μίας μετάβασης	27
3. Σύντομες μελέτες.....	29
3.1 Η μετάβαση υγιεινής από καταβόθρες σε συστήματα αποχέτευσης (1840–1930)	29
3.2 Η μετάβαση από άμαξες σε αυτοκίνητα (1860-1930)	30
3.3 Η εμφάνιση λειτουργικών τροφίμων	31
4. Μελέτη περίπτωσης: από αεροσκάφη με έλικα σε αυτά με στροβιλοκινητήρα στα συστήματα αεροπορίας (1930-1970).....	33
4.1 Σταθεροποίηση καθεστώτων αεροσκαφών και εμφάνιση αεριωθούμενων αεροσκαφών (1930-1940)	34
4.1.1 Καθεστώς πολιτικής αεροπορίας: σταθεροποίηση γύρω από το DC-3 ως κυρίαρχο σχεδιασμό	34
4.1.2. Στρατιωτικό αεροπορικό καθεστώς: πολεμικές προετοιμασίες και Στρατηγικές Έρευνας & Ανάπτυξης	37
4.1.3. Εξελίξεις σε θύλακες: Κατασκευάζοντας τον κινητήρα τύπου jet	37
4.2. Εισχώρηση των στροβιλοκινητήρων στον στρατιωτικό τομέα και επέκταση της πολιτικής αεροπορίας (1940-1950)	39
4.2.1 Στο στρατιωτικό αεροπορικό καθεστώς.....	39
4.2.2. Η ανακάλυψη των κινητήρων τύπου jet στο θύλακα των μαχητικών αναχαίτισης.....	40
4.2.3. Το καθεστώς πολιτικής αεροπορίας: διεθνής αντιπαλότητα και επέκταση	41
4.3. Διστακτική εισαγωγή αεροσκαφών στην πολιτική αεροπορία (1950-1960)...	41
4.3.1. Καθεστώς πολιτικής αεροπορίας	41
4.3.2. Εξέλιξη θύλακα των βομβαρδιστικών: ανάπτυξη των κινητήρων τύπου jet	43

4.3.3. Εξελίσξεις σε επίπεδο θύλακα στην πολιτική αεροπορία: διστακτική εισαγωγή και στρατηγικά παιχνίδια.....	43
4.4. Αντικατάσταση κινητήρων εμβόλου και ευρύτερες επιπτώσεις στα συστήματα αεροπορίας (1960-1970).....	44
4.5 Ανασκόπηση	46
5.Μελέτη περίπτωσης: από τα ιστιοφόρα πλοία στα ατμόπλοια, 1780-1900	46
5.1. Η εμφάνιση των ατμόπλοιων στο πλαίσιο δυναμικής αποστολής (1780-1845)	47
5.2. Απογείωση των ατμόπλοιων στις επιβατικές μεταφορές (1845-1869).....	51
5.3. Ανταγωνισμός μεταξύ ατμού και πανιού στο φορτίο και ευρύτεροι μετασχηματισμοί (1869–1900).....	53
5.4. Ανάλυση και ορισμένοι μηχανισμοί στη μετάβαση	55
6. Μελέτη περίπτωσης: ο μετασχηματισμός της αμερικανικής εργοστασιακής παραγωγής (1850-1930)	55
6.1. Επέκταση και προβλήματα στα παραδοσιακά εργοστάσια (1850-1880).....	56
6.1.1. Εξελίσξεις σε επίπεδο τοπίου	56
6.1.2. Εξελίσξεις σε επίπεδο καθεστώτος	57
6.1.3. Εξελίσξεις σε επίπεδο θύλακα.....	59
6.2. Εντατικοποίηση των εργοστασιακών προβλημάτων και υιοθέτηση νέων στοιχείων (1880–1900).....	60
6.2.1. Εξελίσξεις σε επίπεδο τοπίου	60
6.2.2. Εξελίσξεις σε επίπεδο καθεστώτος	61
6.2.3. Υιοθέτηση και διάδοση εξειδικευμένων καινοτομιών	61
6.2.4. Εξέλιξη θυλάκων στις πηγές ενέργειας	63
6.3. Ευρύτερη υιοθέτηση νέων στοιχείων και αλλαγή οράματος και στάσεων (1900-1910).....	64
6.3.1. Εξελίσξεις σε επίπεδο τοπίου	64
6.3.2. Εξελίσξεις σε επίπεδο καθεστώτος	64
6.3.3. Ευρύτερη υιοθέτηση ηλεκτρικών κινητήρων.....	65
6.4. Η εμφάνιση της μαζικής παραγωγής (1910-1930).....	68
6.4.1. Νέα στοιχεία θέτουν το στάδιο για την αναδιάρθρωση.....	68
6.4.2. Η αυτοκινητοβιομηχανία ως θύλακας για νέο σύστημα	69
6.4.3. Διάχυση και διάδοση	71
6.5. Ανασκόπηση	72
Επίλογος.....	73
Βιβλιογραφία	73

Πρόλογος

Οι τεχνολογικές μεταβάσεις περιγράφουν την μεταβολή της τεχνολογίας σε έναν, προς μελέτη, κλάδο της κοινωνίας. Με τον όρο τεχνολογία, νοείται η πρακτική εφαρμογή της μάθησης και της γνώσης από μεμονωμένα άτομα και οργανισμούς για την υποστήριξη της ανθρώπινης προσπάθειας και περιλαμβάνει τη γνώση, τα προϊόντα, τις διαδικασίες, τα εργαλεία και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στη δημιουργία αγαθών και υπηρεσιών (White και Bruton, 2007). Παρατηρούν την υπάρχουσα τεχνολογία, την συνύπαρξή της με μία νέα ανερχόμενη τεχνολογία η οποία καλείται να ανταγωνιστεί την υφισταμένη και την τελική αναδιάρθρωση της τεχνολογικής πρακτικής. Το μακροσκοπικό φαινόμενο των τεχνολογικών μεταβάσεων είναι ένα πολύ ενδιαφέρον κομμάτι της τεχνικής (και όχι μόνο) βιβλιογραφίας, καθώς παρέχουν μια ιστορική αναδρομή με μαθησιακές προεκτάσεις. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σα γνώμονας για μελλοντικές προβλέψεις, εξελίξεις και επενδύσεις. Έχουν πολλαπλές οπτικές από τις οποίες ο κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να τις ερμηνεύσει και να τις αξιολογήσει. Παρόλα αυτά είναι ένα παρεξηγημένο εργαλείο χωρίς την αξία που του αναλογεί. Η παρούσα εργασία καλείται να καταδείξει την παραπάνω άποψη.

1ο κεφάλαιο: Γενικά στοιχεία

1.1 Τυπολογίες μετάβασης

Για να αξιολογηθούν και να αποτιμηθούν οι τεχνολογικές μεταβάσεις χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν όροι αποδεκτοί και ικανοποιητικά περιγραφικοί. Έτσι αναπτύχθηκαν τα πλαίσια των κοινωνικοτεχνικών συστημάτων για να κατανοηθούν πολύπλοκες και μεγάλης κλίμακας τεχνολογίες, παραγωγές και κοινωνικές αλλαγές. Αυτά αποτελούνται από ένα σύνολο συνδεδεμένων στοιχείων που περιλαμβάνουν την τεχνολογία, τους ρυθμιστικούς κανόνες λειτουργίας (νομικό πλαίσιο), τις πρακτικές των άμεσα ενδιαφερομένων (χρηστών, πελατών, κλπ), τις αγορές προϊόντων και συντελεστών, τη δημόσια εικόνα των προϊόντων και τα συμβολικά νοήματα που εμπεριέχουν, τις υποδομές, τα δίκτυα εφοδιασμού, τα δίκτυα σέρβις, κλπ. Στη συστηματοποίηση των γνώσεων σχετικά με κοινωνικοτεχνικές μεταβάσεις, έχουν προταθεί διάφορες τυπολογίες μετάβασης βάσει διαφορετικών κριτηρίων. Κάποιες από αυτές είναι:

- (i) η τυπολογία των μεταβατικών οδών (Geels και Schot, 2007) ακολουθώντας την προσέγγιση των πολλαπλών επιπέδων (MLP)
- (ii) η προσέγγιση αλληλεπίδρασης πολλαπλών καθεστώτων (Raven και Verbong, 2007)
- (iii) η προσέγγιση μετάβασης πλαισίων (Smith, 2005)

- (iv) το πλαίσιο των de Haan και Rotmans (2011)
- (v) το πλαίσιο των Rotmans και Loorbach (2010)

Ένα κοινωνικοτεχνικό σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο ετερογενών διασυνδεδεμένων στοιχείων που ικανοποιούν μια κοινωνική ανάγκη μέσω της τεχνολογίας. Η δυναμική κατάσταση αυτών των στοιχείων αποτελεί ένα καθεστώς, ενώ οι νέες διαμορφώσεις και καταστάσεις που αποκλίνουν από αυτό, αποτελούν τους θύλακες οι οποίοι διαμορφώνονται γύρω από αγορές ή τεχνολογίες.

1.2 Συν-εξέλιξη

Οι τεχνολογικές μεταβάσεις είναι συν-εξελικτικές διαδικασίες, καθώς πολλοί παράγοντες αλληλοεπιδρούν δυναμικά και ταυτοχρόνως. Η έννοια και η σημασία της συν-εξέλιξης διακρίνονται σε ένα φάσμα επιστημονικών κλάδων, π.χ. εξελικτική οικονομία, καινοτόμες μελέτες, βιομηχανική οικονομία και θεωρίες μακροσκοπικών φαινομένων. Ήταν πάντα ένα σημαντικό θέμα στην κοινωνιολογία της τεχνολογίας, με διασυνδέσεις μεταξύ ετερογενών και αλληλεπιδρώντων στοιχείων. Διάφορες πτυχές της συν-εξέλιξη περιλαμβάνουν:

- Συν-εξέλιξη μεταξύ τεχνολογίας και χρηστών
- Συν-εξέλιξη μεταξύ τεχνολογίας, βιομηχανικής δομής και θεσμών της πολιτικής
- Συν-εξέλιξη της επιστήμης, της τεχνολογίας και της αγοράς
- Συν-εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας
- Συν-εξέλιξη της τεχνολογίας και του πολιτισμού

Φαίνεται πως η συν-εξέλιξη έχει μελετηθεί σε σχέση με δύο ή τρεις πτυχές, αλλά φαίνεται ότι λείπει μια ευρύτερη μελέτη. Μία τέτοια μελέτη απαιτείται για την κατανόηση των καινοτομιών στα υψηλότερα επίπεδα και σε μεγαλύτερες χρονικά κλίμακες.

Διαφορετικές συν-εξελικτικές προσεγγίσεις αναφέρονται σε διαφορετικά επίπεδα και μονάδες ανάλυσης. Η διάκριση σε αυτήν την εργασία, βασίζεται σε διαφορετικά επίπεδα, με διαφορετικούς βαθμούς σκληρότητας και δομικής σταθερότητας. Οι αναδυόμενες καινοτομίες χαρακτηρίζονται αρχικά ως σχετικά ρευστές με περιορισμένη σταθερότητα. Τα υπάρχοντα συστήματα είναι σχετικά σκληρά και σταθερά αλλά εξακολουθούν να εξαρτώνται από την ανθρώπινη (ανα)παραγωγή. Το μακρο-επίπεδο της κοινωνίας είναι πιο άκαμπτο και αποτελεί το σκληρό της ανθρώπινης δράσης.

1.2.1 Συν-εξέλιξη σε επίπεδο αναδυόμενων καινοτομιών

Στον όρο καινοτομία περιλαμβάνεται η διαχείριση όλων των δραστηριοτήτων που συμμετέχουν στη διαδικασία της δημιουργίας μίας ιδέας, της ανάπτυξης της τεχνολογίας, της παραγωγής και του μάρκετινγκ ενός νέου (ή βελτιωμένου) προϊόντος, διαδικασίας παραγωγής, υπηρεσίας ή εξοπλισμού. Στο επίπεδο των νέων,

αναδυόμενων καινοτομιών, η κύρια δυναμική είναι η ευθυγράμμιση ετερογενών στοιχείων σε μια λειτουργική διαμόρφωση. Για ριζικά νέες τεχνολογίες, αγορές και «κανόνες του παιχνιδιού» (π.χ. δικαιώματα ιδιοκτησίας, νόρμες ποιότητας, εμπιστοσύνη), οι χρήστες δεν υπάρχουν ακόμη. Σε μια ενδεικτική μελέτη περίπτωσης μιας συγκεκριμένης καινοτομίας στον τομέα της βιοτεχνολογίας, ο Green (1992) έδειξε ότι οι επιχειρήσεις προσπάθησαν να δημιουργήσουν μια νέα αγορά «οικοδομώντας» το δίκτυο, με τη συμμετοχή ρυθμιστικών οργανισμών, φορέων τυποποίησης, χρηστών και εξωτερικών πηγών χρηματοδότησης. Η καινοτομία απέτυχε επειδή τα στοιχεία δεν ευθυγραμμίστηκαν επιτυχώς. Οι αλληλεπιδράσεις χρήστη-παραγωγού είναι επομένως ζωτικής σημασίας για την άρθρωση και την λειτουργία των διαφορετικών στοιχείων σε μια νέα καινοτομία. Επειδή η διαδικασία ανακάλυψης και υλοποίησης νέων καινοτομιών είναι μη γραμμική και αβέβαιη, οι επιχειρήσεις πειραματίζονται στην αγορά, διερευνώντας τμήματά της, μαθαίνοντας από τις διαδικασίες αυτές. Οι χρήστες έχουν ενεργό ρόλο στην αποσαφήνιση των προτιμήσεών τους, στην κατεύθυνση των νέων λειτουργιών, στην ανατροφοδότηση και στην τελικώς βελτίωση ή τροποποίηση των προϊόντων και των υπηρεσιών.

1.2.2 Συν-εξέλιξη στο επίπεδο των υπαρχουσών διαμορφώσεων

Υπάρχουν επίσης προσεγγίσεις που επικεντρώνονται στη συν-εξέλιξη στο επίπεδο των καθιερωμένων κοινωνικοτεχνικών διαμορφώσεων. Εξετάζουν αλληλεξαρτώμενα, αλλά σχετικά αυτόνομα υποσυστήματα που έχουν δικιά τους εσωτερική δυναμική. Τα όρια μεταξύ των υποσυστημάτων είναι το αποτέλεσμα της σταθεροποίησης της προηγούμενης διαδικασίας συν-κατασκευής σε επίπεδο καινοτομίας. Η δυναμική των υποσυστημάτων τα επηρεάζει και συν-εξελίσσονται. Αυτή η αλληλεξάρτηση παρουσιάζεται σε όρους όπως η τριπλή έλικα, τα τεχνοοικονομικά δίκτυα, και το τεχνοθεσμικό σύμπλεγμα. Η συν-εξέλιξη θα μπορούσε επίσης να οριστεί, ως σχετικά αυτόνομα «ρεύματα» που επηρεάζουν το ένα το άλλο.

Στην θεωρία της τριπλής έλικας συγκεκριμένα, η εστίαση είναι στη συνεχιζόμενη συν-εξέλιξη μεταξύ πανεπιστημίου, κυβέρνησης και βιομηχανίας. Η συν-εξέλιξη αυτή αντιπροσωπεύεται με τρεις έλικες, που αλληλεπιδρούν μέσω δικτύων επικοινωνίας και συνδέσεων. Κατά τη διαδικασία της συν-εξέλιξης, μπορεί να εμφανιστούν εντάσεις και έλλειψη συγχρονισμού. Αβεβαιότητες στις σχέσεις μεταξύ των ελίκων ανοίγουν παράθυρα ευκαιρίας για πιθανή καινοτομία (ή σύγκρουση) στα διάφορα (υπο)συστήματα.

Η συν-εξέλιξη στις υπάρχουσες διαμορφώσεις έχει επίσης μελετηθεί στη θεωρία φορέων-δικτύου (ANT). Καθώς τα δίκτυα ετερογενών ενώσεων μεγαλώνουν, μπορεί να εξελιχθούν σε τεχνοοικονομικά δίκτυα με διαφοροποιημένους «πόλους», που αντιπροσωπεύουν μια κατανομή της εργασίας. Ένα τεχνοοικονομικό δίκτυο είναι ένα «συντονισμένο» σύνολο ετερογενών παραγόντων. Στην πρωτότυπη προσέγγιση υπάρχουν τρεις κύριοι πόλοι: επιστήμη, τεχνολογία και αγορά. Αλληλεπίδραση και συντονισμός μεταξύ αυτών παρέχονται από την κυκλοφορία των λεγόμενων διαμεσολαβητών π.χ. γραπτά έγγραφα, άτομα και τις δεξιότητές τους, κεφάλαιο και τεχνικά αντικείμενα. Η επιστημονική αλλαγή, η τεχνολογική εφεύρεση και η ζήτηση είναι διαδικασίες που αναμινγούνται μεταξύ τους. Το δίκτυο μπορεί να είναι σταθερό

(κρύο, κλειστό) ή ασταθές (ζεστό, υγρό). Σε σταθερές καταστάσεις (κρύες), η κατεύθυνση της καινοτομίας μπορεί να εξηγηθεί επαγωγικά, ως συνέχεια των συνεχιζόμενων εξελίξεων, ωστόσο η σταθερότητα του δικτύου μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για την ανάπτυξη μιας νέας καινοτομίας. Σε ασταθείς (ζεστές) καταστάσεις υπάρχει μικρότερη προβλεψιμότητα. Οι δεσμοί μεταξύ των στοιχείων εξασθενίζουν, δημιουργώντας παράθυρα ευκαιρίας για εισαγωγή νέων στοιχείων. Εάν ένα δίκτυο «θερμαίνεται» και γίνεται ασταθές, παράθυρα ευκαιριών μπορεί να αναδυθούν, από τα οποία μπορούν να προκύψουν ριζοσπαστικές τεχνολογίες.

1.2.3 Συν-εξέλιξη σε μακρο-επίπεδο

Σε μακρο-επίπεδο ολόκληρων κοινωνιών, η συν-εξέλιξη μελετάται σε μακροσκοπικές θεωρίες (long wave theories). Για να εξηγηθούν κύκλοι 50 ετών περίπου, στις τιμές και την οικονομική ανάπτυξη, οι ριζικές καινοτομίες είναι αρκετά σημαντικές. Για την κατανόηση των μακροοικονομικών αλλαγών στην οικονομία, οι Freeman και Perez (1988) επινόησαν την έννοια του «τεχνοοικονομικού παραδείγματος» (TEP), σε αντιστοιχία με τους οικονομικούς κύκλους ανάπτυξης, στασιμότητας και ύφεσης του Kondratiev (*The Major Economic Cycles*, 1925), για να υποδείξουν περιόδους στις οποίες οι διεισδυτικές τεχνολογίες, οι μέθοδοι παραγωγής και οι οικονομικές δομές ενισχύονται μεταξύ τους. Διακρίνουν τέσσερις ιστορικές διαδοχές TEP:

1. Βιομηχανική Επανάσταση (1770-1830)
2. Βικτωριανή Ευημερία: εποχή ατμού και σιδηροδρόμου (1830-1880)
3. Εποχή της βαριάς βιομηχανίας και του χάλυβα (1880-1930)
4. Μαζική παραγωγή, πετρέλαιο και καταναλωτισμός (1930-1980)

Οι Freeman και Perez ισχυρίζονται ότι είμαστε επί του παρόντος στο μέσο του πέμπτου κύκλου, που σχετίζεται με τεχνολογία πληροφοριών και βιοτεχνολογία. Σε κάθε TEP, ένα συγκεκριμένο σύνολο εισόδων είναι ο «βασικός παράγοντας», μερικοί από αυτούς είναι: (α) βαμβάκι, σίδηρος, (β) άνθρακας, μεταφορά, (γ) χάλυβας, (δ) ενέργεια (πετρέλαιο), (ε) πληροφορίες (μικροεπεξεργαστές και μικρο-ηλεκτρονικά), σε πλήρη αντιστοιχία με τον εκάστοτε κύκλο. Αξίζει να σημειωθεί πως εικάζεται ένας νέος κύκλος, αυτός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

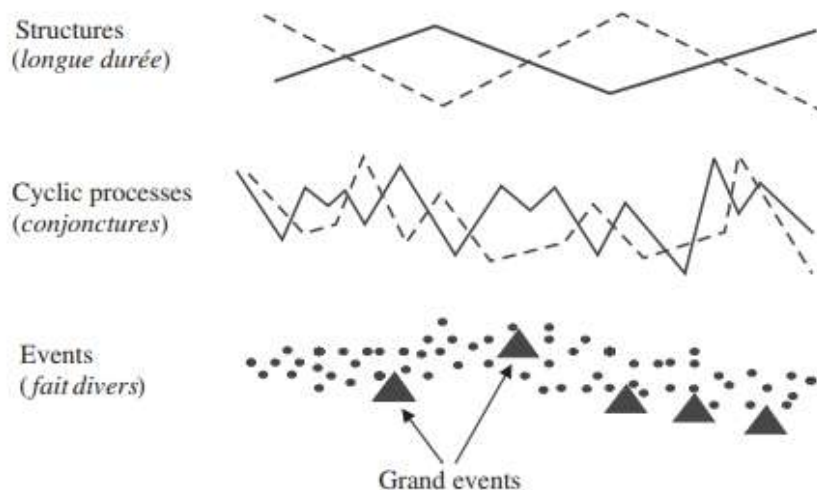
Ένα TEP ορίζει ένα τεχνολογικό πρόβλημα και τις πιθανές του λύσεις, αποτυπώνοντας την επιστημονική πρόοδο. Ο τρόπος και η κατεύθυνση της αντιμετώπισης αποτελούν την τεχνολογική τροχιά που ακολουθείται. Μεταβάσεις από ένα TEP σε ένα άλλο, είναι σύνθετες και συν-εξελικτικές διαδικασίες. Η εμφάνιση ριζοσπαστικών καινοτομιών ερμηνεύεται ως αντίδραση σε προβλήματα στο υφιστάμενο TEP, ιδίως αντιληπτά στην οριακή ανάπτυξη, στη μείωση των αποδόσεων, στην παραγωγικότητα και την αποδυνάμωση του παράγοντα κλειδί. Αντίθετα, όσο το υπάρχον TEP είναι σταθερό, οι νέες τεχνολογίες δεν έχουν καμία πιθανότητα εξέλιξης. Οι νέες τεχνολογίες μπορεί επίσης να περιοριστούν επειδή δεν ταιριάζουν με το υπάρχον θεσμικό και κοινωνικό πλαίσιο. Για να ξεπεραστεί η αρχική αναντιστοιχία, γίνονται ευρύτερες αλλαγές όσο η τεχνολογία διαχέεται, π.χ. στις οργανωτικές μορφές, σε επίπεδο εταιρειών και εργοστασίου, νέο προφίλ δεξιοτήτων στο εργατικό δυναμικό, νέο μείγμα προϊόντων, κύμα επενδύσεων, τάση για είσοδο νέων καινοτόμων μικρών εταιρειών να μπουκνουν σε

αναπτυσσόμενους κλάδους της οικονομίας, νέο πρότυπο αγαθών και υπηρεσιών και νέους τύπους διανομής και συμπεριφοράς του καταναλωτή.

Αυτή η έκδοση της μακροσκοπικής θεωρίας έχει επικριθεί για τους ντετερμινιστικούς της τόνους, δηλαδή πως οι καινοτομίες απλά εμφανίζονται ως απάντηση σε «βασικούς παράγοντες», όρια και σημεία συμφόρησης στο υπάρχον ΤΕΡ. Έτσι οι μακρο-θεωρίες θα πρέπει επίσης να δώσουν προσοχή στις μικροεπεξεργασίες, με μια πιο πολυεπίπεδη προοπτική. Η κριτική αυτή προέρχεται επίσης από το γεγονός ότι στην προτεινόμενη αιτιότητα, οι τεχνοοικονομικές δυνάμεις αρχικά δρουν και το κοινωνικοθεσμικό πλαίσιο αντιδρά.

Σε απάντηση σε αυτήν την κριτική, οι Freeman και Louca (2001) έκαναν περαιτέρω βελτιώσεις στην παραπάνω θεωρία, που διακρίνει πέντε εξίσου σημαντικά «υποσυστήματα» στην κοινωνία: επιστήμη, τεχνολογία, οικονομία, πολιτική και πολιτισμός. Αυτά τα υποσυστήματα έχουν τα δικά τους διακριτικά χαρακτηριστικά, το δικό τους περιβάλλον «επιλογής» και μια σχετική αυτόνομη δυναμική. Αυτά τα υποσυστήματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, επειδή οι δραστηριότητες των κοινωνικών ομάδων δρουν ως συν-εξελικτικές διαδικασίες με περιόδους ευθυγράμμισης και περιόδους απο-ευθυγράμμισης μεταξύ των πέντε υποσυστημάτων. Τα υποσυστήματα έχουν συγκεκριμένους κύκλους και παράγουν ακανόνιστα διακυμάνσεις και συνδυασμούς (π.χ. πολιτικοί κύκλοι, επιχειρησιακοί κύκλοι, τεχνολογικές πορείες, πολιτιστικά κινήματα, κύκλος ζωής των βιομηχανιών). Αυτές οι διακυμάνσεις συνήθως καταστρέφονται από συνδέσεις με άλλα υποσυστήματα ή από έλλειψη συγχρονισμού.

Σε μια ιστορική ματιά της συν-εξέλιξης στο επίπεδο της κοινωνίας, έχουν γίνει απόπειρες να συνδυαστούν διαφορετικά σκέλη ιστορικών διαδικασιών. Ο Γάλλος ιστορικός Braudel (1976) ανέπτυξε ένα εννοιολογικό πλαίσιο που διακρίνει διαφορετικά επίπεδα ιστορικού χρόνου. Έγραψε για τις αλλαγές στην Ευρώπη από το Μεσαίωνα μέχρι τις αρχές της σύγχρονης κοινωνίας (15-18ος αιώνας). Ανέλυσε αυτές τις αλλαγές ως συν-εξέλιξη μεταξύ διαδικασιών όπως στοιχεία πολιτισμού και κουλτούρας, δημογραφικά, περιβαλλοντικές συνθήκες και τεχνολογικές καινοτομίες σε πηγές ενέργειας, μεταλλουργία, μεταφορά, πυρίτιδα, εκτύπωση και θαλάσσια πλοήγηση. Στο επίκεντρο της σύνθεσης του Braudel είναι μια ιεραρχία τριών επιπέδων, η οποία διακρίνει διαφορετικές ταχύτητες των ιστορικών εξελίξεων. Το μακρο-επίπεδο διαμορφώνεται από βαθιές δομές με ρυθμούς 50-100 ετών. Αυτό το επίπεδο αναφέρεται σε πτυχές όπως τα γεωγραφικά τοπία, που επηρεάζουν τα μοτίβα επικοινωνίας και εμπορίου, τα δημογραφικά στοιχεία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτές οι δομές δεν μπορούν να αλλάξουν κατά βούληση από ανθρώπινους παράγοντες και παρέχουν το σκηνικό για δράση. Το μεσο-επίπεδο αναφέρεται σε κυκλικές διεργασίες όπως η γεωργία, οι μεταφορές, η οικονομία, η εφοδιαστική του στρατού, η πολιτική, οι πολιτιστικές αξίες, η επικοινωνία και τα μοτίβα συναλλαγών. Το χρονικό πλαίσιο είναι δεκαετιών. Το μικρο-επίπεδο είναι αυτό των πολιτικών, διπλωματικών και στρατιωτικών εκδηλώσεων με βραχυπρόθεσμη χρονική διάρκεια.



Σχήμα 1: Διαφορικές ιστορικές χρονικές μελέτες

1.3 Σύμφωνα με τα εξελικτικά οικονομικά

Μέσα στα εξελικτικά οικονομικά, υπάρχουν δύο απόψεις σχετικά με τη διαδικασία της τεχνολογικής εξέλιξης. Στην πρώτη, η εξέλιξη είναι μια διαδικασία παραλλαγής, επιλογής και διατήρησης. Ενώ υπάρχουν περίπλοκες συζητήσεις για την «παραλλαγή» (π.χ. μάθηση μέσα σε επιχειρήσεις, οργανωτικές ρουτίνες, διαχείριση γνώσεων), η «επιλογή» θεωρείται κάπως δεδομένη. Αγορές απλά υποτίθεται ότι είναι «εκεί έξω». Για ριζικά νέες τεχνολογίες, ωστόσο, δεν υπάρχουν καθιερωμένες αγορές και σταθερές προτιμήσεις. Ριζικά νέες τεχνολογίες, αγορές και προτιμήσεις χρηστών συν-εξελίσσονται. Επιπλέον, η επιλογή είναι κάτι περισσότερο από την υιοθέτηση. Οι χρήστες πρέπει επίσης να ενσωματώσουν νέες τεχνολογίες στην πρακτικές τους, τις οργανώσεις και τις ρουτίνες, κάτι που περιλαμβάνει μάθηση και προσαρμογή. Επιπρόσθετα το περιβάλλον επιλογής είναι ευρύτερο από τους χρήστες και τις αγορές, καθώς οι πολιτικές αποφάσεις, ο πολιτισμός και τα θεσμικά όργανα διαδραματίζουν επίσης ρόλο. Στη δεύτερη άποψη, η εξέλιξη είναι μια διαδικασία που ξεδιπλώνεται, δημιουργώντας «νέους συνδυασμούς», με αποτέλεσμα νέα μονοπάτια και τροχιές. Όσον αφορά την εξελικτική οικονομία, αυτή η εργασία διερευνά μια πολυεπίπεδη προοπτική για το συνδυασμό των δύο απόψεων της εξέλιξης.

1.4 Κυρίαρχος σχεδιασμός, αλλαγές, υποκατάσταση

Η κοινή άποψη των σημαντικών αλλαγών ενός συστήματος περιλαμβάνει την τεχνολογική αντικατάσταση. Πολλά παραδείγματα έχουν μελετηθεί από επιχειρηματική σκοπιά, διερευνώντας εάν και πώς οι νέες εταιρείες αντικαθιστούν ή υποκαθιστούν (μακροπρόθεσμα ή μη) τις παλιότερες.

Ένα σημαντικό στοιχείο σε αυτήν την άποψη τεχνολογικής μεταβολής είναι η έννοια του κυρίαρχου σχεδιασμού, που προέρχεται από τη βιομηχανική οικονομία και τη βιβλιογραφία του κύκλου ζωής. Όταν μία νέα τεχνολογία αναδύεται για πρώτη φορά, υπάρχει αβεβαιότητα και μια ποικιλία παραλλαγών σχεδιασμού. Διά μέσου μαθησιακών διαδικασιών, μια παραλλαγή σχεδιασμού αναδεικνύεται κυρίαρχη. Αυτή αποτελεί τη βάση για ενοποίηση, σταθεροποίηση και δημιουργία μιας νέας βιομηχανίας, οργανώνοντας και άλλα στοιχεία γύρω από αυτήν.

Αν και τα κυρίαρχα σχέδια χρειάζονται συμπληρωματικές τεχνολογίες για τη λειτουργία τους, υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ «πυρήνα» και «περιφερειακών» συστατικών. Τα αντικείμενα κατασκευάζονται ιεραρχικά από υποσυστήματα και εξαρτήματα, τα οποία, με τη σειρά τους, κατασκευάζονται από συσκευές. Υπό αυτήν την έννοια, σημαντικές αλλαγές στα αντικείμενα νοούνται ως υποκαταστάσεις στα βασικά συστατικά, τα οποία έχουν επικαλυπτόμενες επιδράσεις στα περιφερειακά εξαρτήματα, αλλάζοντας τη μορφή και την αρχιτεκτονική του προϊόντος.

Σημαντικές αλλαγές συστήματος πραγματοποιούνται μέσω αντικατάστασης μιας βασικής τεχνολογίας από μια άλλη, συνοδευόμενη από περαιτέρω αλλαγές στις περιφερειακές τεχνολογίες και τις κοινωνικοθεσμικές πτυχές. Η δυναμική τότε έχει τον χαρακτήρα μιας διάτρητης ισορροπίας. Ένα σύστημα είναι σχετικά σταθερό και χαρακτηρίζεται από σταδιακή καινοτομία μέχρι την εμφάνιση μιας νέας τεχνολογικής ασυνέχειας. Αυτό δημιουργεί μια «εποχή ζύμωσης», την αντικατάσταση της βασικής τεχνολογίας, και τη δημιουργία μίας νέας σταθερής κατάστασης.

Αν και η τεχνολογική υποκατάσταση είναι μια κύρια οδός για σημαντική αλλαγή συστήματος, δεν είναι η μόνη οδός. Η τεχνολογική αντικατάσταση είναι σημαντική κυρίως για τομείς που οργανώνονται γύρω από μια βασική τεχνολογία. Αλλά υπάρχουν επίσης τομείς που λειτουργούν μέσω της αλληλεπίδρασης πολλαπλών τεχνολογιών, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές (π.χ. γεωργία, ιατρική).

2ο κεφάλαιο: Μεταβάσεις & MLP

2.1 Η προσέγγιση των πολλαπλών επιπέδων (*Multi-level perspective*)

Παλαιότερα, η δημιουργία μίας καινοτομίας αποδίδονταν σε παράγοντες, όπως ο κοινωνικός ντετερμινισμός, δηλαδή πως οι εκάστοτε συνθήκες δημιουργούν τις προϋποθέσεις για τη δημιουργία της καινοτομίας, είτε στον ατομικισμό, με την έννοια πως οι άνθρωποι καινοτομούν μέσω των ικανοτήτων και των ταλέντων τους. Οι σύγχρονες μελέτες ωστόσο προσεγγίζουν τα τεχνολογικά πρότυπα και τις καινοτομίες μέσα από ένα ευρύτερο φάσμα, αυτό των κοινωνικοτεχνικών συστημάτων. Το πλαίσιο αυτό προέκυψε ως απάντηση τόσο στην αυξημένη ανάγκη κατανόησης των περιβαλλοντικών προβλημάτων, όσο και στην συνειδητοποίηση ότι απαιτούνται περισσότερο τεκμηριωμένες μεταβάσεις σε πολλά αλληλεξαρτώμενα επίπεδα.

Η προσέγγιση των πολλαπλών επιπέδων (MLP) είναι ένα αναλυτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας και της αντίστασης που συναντάται, κατά τη διάρκεια μιας αλλαγής. Υποστηρίζει πως μια αλλαγή (τεχνολογική ή μη) είναι αποτέλεσμα νέων αναδυόμενων ενδιαφερόντων και συμφερόντων και μιας αναδιανομής της ισχύος των εμπλεκόμενων μερών που προκαλούνται από αλλαγές στις κυρίαρχες ιδεολογίες και από την εμφάνιση νέων τεχνολογιών. Σαν μονάδες ανάλυσης χρησιμοποιούνται τα συστήματα, τα οποία αποτελούνται από καθεστώτα, ενώ αυτά με τη σειρά τους υποδιαιρούνται σε θύλακες. Επίσης με την απεικόνιση των ορίων και των συσχετίσεων ανάμεσα στους παράγοντες και τα δίκτυα ενός κλάδου (τεχνολογικού, βιομηχανικού, οικονομικού), βελτιώνονται η ανάλυση, η πρόβλεψη και ο προγραμματισμός των δραστηριοτήτων.

2.2 Κριτική του MLP

Στην πλειονότητα των δημοσιευμένων μελετών μέχρι σήμερα, το MLP θεωρεί τι; μεταβάσεις συστήματος ως αυτόνομες διαδικασίες, δηλαδή ως αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων που πραγματοποιούνται εσωτερικά ενός ενιαίου εστιακού κοινωνικοτεχνικού συστήματος, με πρόσθετα εξωτερικά στοιχεία. Ωστόσο, δεδομένης της πολυπλοκότητας του κόσμου σήμερα, αυτή η προοπτική είναι μάλλον περιορισμένη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κάποια κριτική του MLP σχετικά με την εφαρμογή του. Για παράδειγμα, ο Smith (2005) υποστήριξε μία πιο περιεκτική κατεύθυνση, με εξηγήσεις κοινωνικοτεχνικών μεταβάσεων όχι μόνο ως προς τον αρχικό θύλακα. Τόνισε το ρόλο της εσωτερικής/εξωτερικής διάδρασης και των πόρων στο καθεστώς και θεώρησε τις μεταβάσεις, ως συνάρτηση των πιέσεων επιλογής που αντιμετωπίζει το καθεστώς και του συντονισμού των διαθέσιμων εσωτερικών και εξωτερικών πόρων για την αντιμετώπιση αυτών των πιέσεων. Στην ίδια γραμμή, οι Raven και Verbon (2007) πρότειναν ένα πλαίσιο τεσσάρων τύπων αλληλεπιδράσεων πέρα από τα όρια του καθεστώτος:

- ανταγωνισμός μεταξύ καθεστώτων,
- συμβίωση καθεστώτων με αμοιβαία επωφελής αλληλεπίδραση,
- ενσωμάτωση καθεστώτων σε μία οντότητα
- διαρροή όπου στοιχεία μεταφέρονται από το ένα καθεστώς στο άλλο.

Αυτή η εργασία επικεντρώνεται στις αλληλεπιδράσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ των κοινωνικοτεχνικών συστημάτων κατά τη διάρκεια μεταβάσεων. Στόχος είναι να διερευνήσει και να περιγράψει τις αλληλεπιδράσεις των κοινωνικοτεχνικών συστημάτων, εξετάζοντας και αναλύοντας ορισμένες περιπτώσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία των μεταβάσεων ενός κοινωνικοτεχνικού συστήματος. Η πρόθεση είναι να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της ανάλυσης μεμονωμένων συστημάτων μετάβασης, με το MLP το οποίο έχει επικριθεί. Από την άποψη των συστημάτων, η μελέτη των αλληλεπιδράσεων πολλαπλών συστημάτων θέτει δύο προκλήσεις:

- (i) ο καθορισμός των ορίων των υπό μελέτη συστημάτων (καθώς συστατικά άλλων εξωτερικών συστημάτων εμπλέκονται στο σχηματισμό ή τη μεταμόρφωση των καθεστώτων)
- (ii) ο προσδιορισμός των μηχανισμών, των διαδικασιών και των παραγόντων που επηρεάζουν την εξέλιξη ενός κοινωνικοτεχνικού συστήματος, όπου μπορούν ή όχι να αποτελούν μέρος αυτού

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις, η εργασία αντλείται από την εισαγωγή μιας τυπολογίας μετάβασης αλληλεπιδράσεων συστήματος, από πολλαπλές δημοσιευμένες μελέτες, στις οποίες βασίστηκε η ανάπτυξη της μετάβασης MLP. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την επιλογή και την διατήρηση τύπων αλληλεπίδρασης συστήματος με τον καλύτερο δυνατό περιγραφικό εύρος διατηρώντας παράλληλα τον συνολικό αριθμό τους χαμηλό, αυξάνοντας έτσι τη σφαιρικότητα της ιδέας.

2.3 Είδη Συστημάτων

Τομεακά συστήματα καινοτομίας, ορίζεται ως ένα σύστημα (ομάδα) εταιρειών που δραστηριοποιούνται στην ανάπτυξη και κατασκευή ενός κλάδου προϊόντων και στη δημιουργία και τη χρήση της τεχνολογίας ενός τομέα.

Η προσέγγιση των τεχνολογικών συστημάτων εξετάζει τα δίκτυα των παραγόντων που αλληλεπιδρούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή τεχνολογίας, κάτω από μια συγκεκριμένη θεσμική υποδομή για τη δημιουργία, διάχυση και αξιοποίηση της τεχνολογίας.

Μία άλλη προσέγγιση είναι η Σύνθετων Προϊόντων και Συστημάτων (CoPS), όπου εστιάζει σε ένα συγκεκριμένο τομέα ανάλυσης, υψηλού κόστους, υψηλής τεχνολογίας και προσαρμοσμένων κεφαλαιουχικών αγαθών. Τα προϊόντα είναι συστημικά επειδή λειτουργούν μέσω της αλληλεπίδρασης πολλών αλληλοεπιδρώντων στοιχείων.

Οι προσεγγίσεις αυτές διευρύνουν την προσοχή στις μελέτες καινοτομίας, από επιχειρήσεις, σε δίκτυα παραγόντων που εμπλέκονται στην τεχνολογική καινοτομία, εστιάζοντας στην αλληλεπίδραση, τη ροή της γνώσης, τη δυναμική δικτύου και τη συν-εξέλιξη. Αλλά οι προσεγγίσεις αυτές, αναφέρονται περισσότερο στη λειτουργία των συστημάτων, παρά στην αλλαγή και υποκατάστασή τους.

Μία άλλη προσέγγιση είναι αυτή Freeman και Perez, όπου η τεχνολογία των συστημάτων βασίζεται στην κοινωνιολογία της τεχνολογίας. Τα αντικείμενα από μόνα τους δεν έχουν καμία δύναμη, δεν κάνουν τίποτα. Μόνο σε συνεργασία με την ανθρώπινη υπηρεσία και τις κοινωνικές δομές και τους οργανισμούς, εκτελούν λειτουργίες. Για την ανάλυση των λειτουργικών αντικειμένων, η κατάλληλη μονάδα ανάλυσης είναι ο συνδυασμός του «κοινωνικού» και του «τεχνικού». Από την κοινωνιολογία της τεχνολογίας δύο βασικές έννοιες είναι σημαντικές: (α) η τεχνολογία είναι ετερογενής, δηλαδή η δουλειά των μηχανικών είναι «ετερογενής μηχανική», (β) η λειτουργία της τεχνολογίας συνεπάγεται δεσμούς μεταξύ ετερογενών στοιχείων.

Ο Hughes (1987), στα πλαίσια της θεωρίας του LTS (Large Technological System), επινόησε τη μεταφορική έννοια του «απλού ιστού» για να δείξει πώς τα φυσικά αντικείμενα, οι οργανισμοί, οι φυσικοί πόροι, τα επιστημονικά στοιχεία και τα νομοθετικά αντικείμενα συνδυάζονται προκειμένου να επιτευχθούν λειτουργίες. Στο τομεακό επίπεδο, το σύμπλεγμα ετερογενών στοιχείων εκλαμβάνεται ως κοινωνικοτεχνικό σύστημα. Τα κοινωνικοτεχνικά συστήματα είναι ετερογενείς διαμορφώσεις με στοιχεία όπως τεχνολογία, κανονισμούς, πρακτικές χρηστών, αγορές, πολιτιστική σημασία, υποδομές, δίκτυα χρηματοδότησης, επιστημονικά δίκτυα και δίκτυα εφοδιασμού. Αν και αυτή η έμφαση στους κοινωνικοτεχνικούς

δεσμούς είναι χρήσιμη, ένα μειονέκτημα είναι ότι επικεντρώνεται κυρίως στην εμφάνιση των LTS (μεγάλα τεχνολογικά συστήματα), όπως δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, σιδηροδρομικά δίκτυα, τηλεφωνικά συστήματα και το διαδίκτυο. Λέει ελάχιστα για τις μεταβάσεις από το ένα LTS στο άλλο.

2.4 Η αλλαγή στα διάφορα συστήματα

Ωστόσο, δύο συγγραφείς έχουν αναπτύξει χρήσιμες έννοιες για την αλλαγή του συστήματος. Ο Von Meier πιστεύει ότι η ενσωμάτωση των «ελαστικών τεχνολογιών» (αεριοστροβίλοι, φωτοβολταϊκά ηλιακά κύτταρα, ανεμογεννήτριες) στο υπάρχον ηλεκτρικό σύστημα μπορεί να διεγείρει σταδιακούς μετασχηματισμούς με εσωτερικό τρόπο. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν πρώτα να εισαχθούν σε θύλακες μικρών αγορών για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων σε ένα σύστημα. Μόλις εισαχθούν αυτές οι τεχνολογίες, ενδέχεται να ανοίξουν νέες δυνατότητες λόγω συγκεκριμένων τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών (μεγαλύτερη ευελιξία, αποκεντρωμένη λειτουργία). Όταν αυτές οι τεχνολογίες αποκτήσουν δική τους δυναμική (λόγω της μείωσης του κόστους και των τεχνικών εξελίξεων), μπορεί να οδηγήσουν σε περαιτέρω μετασχηματισμούς στη λειτουργία και τον έλεγχο του δικτύου, τον προγραμματισμό, τις νομικές διαστάσεις και την ιδιοκτησία. Πολλές στοιχειώδεις αλλαγές μπορούν έτσι να προσθέσουν έως και σημαντικές αναδιαμορφώσεις.

Περαιτέρω έμπνευση προέρχεται από τον Grundmann που σκιαγραφεί ένα πιθανό μέλλον μετατροπής του συστήματος μεταφοράς. Υποστηρίζει ότι υφιστάμενες και αναδυόμενες τεχνολογίες θα μπορούσαν να αλληλοσυνδεθούν για να παράγουν «νέους συνδυασμούς» στο επίπεδο των συστημάτων μεταφοράς. Η κύρια δυναμική δεν είναι η αντικατάσταση ενός τρόπου μεταφοράς με έναν άλλον, αλλά η διαφοροποίηση των τρόπων μεταφοράς, οι οποίοι μαζί οδηγούν σε ένα νέο διατροφικό σύστημα. Στο φανταστικό του σενάριο, υπάρχουν μικρά, ελαφριά ηλεκτρικά αυτοκίνητα για μικρές αποστάσεις, παραδοσιακά αυτοκίνητα τύπου σεντάν (βενζίνη ή υδρογόνο) για μεγάλες αποστάσεις και σημεία μεταφοράς όπου μπορούν οι οδηγοί να σταθμεύσουν το αυτοκίνητό τους και να μεταβούν σε δημόσια μέσα μεταφοράς. Ηλεκτρονικά μέσα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση διαφορετικών συστημάτων κυκλοφορίας μεταξύ τους και για την καθοδήγηση των ροών κυκλοφορίας μεταξύ τους. Οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για ηλεκτρονική διαχείριση του δρόμου για να παρέχει στους οδηγούς καλύτερες πληροφορίες σχετικά με τις ροές κυκλοφορίας και τους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης. Εάν αυτές οι τεχνολογίες συνδυάζονται με δημιουργικούς τρόπους, μπορεί να οδηγήσουν σε μετατροπή του συστήματος μεταφοράς. Αυτό το φανταστικό σενάριο είναι ενδιαφέρον λόγω του είδους της δυναμικής που τονίζει. Δεν δίνει έμφαση στην υποκατάσταση αλλά στον σταδιακό μετασχηματισμό και την αναδιαμόρφωση. Αυτές οι έννοιες θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε μία πιο περιεκτική ανάλυση για τις μεταβάσεις και να απεικονιστεί καλύτερα εμπειρικά, καθώς τα φανταστικά σενάρια περιέχουν πάρα πολλές πτυχές ευσεβούς σκέψης.

Παρόμοιες ιδέες για τη δυναμική της αλλαγής μπορούν να βρεθούν στη θεωρία του δικτύου-φορέων (ANT), συχνά με μια μικρο-εστίαση. Στη θεωρία αυτή, οι δεσμοί

μεταξύ κοινωνικών και τεχνικών στοιχείων έχουν ληφθεί ως βασική οντολογία. Οι νέες τεχνολογίες δεν αναδύονται ποτέ σε έναν κενό κόσμο, αλλά σε ένα κόσμο που αποτελείται ήδη από υπάρχοντα δίκτυα. Εάν εισαγάγουμε μια νέα τεχνολογία σε ένα υπάρχον δίκτυο ή αντικαταστήσουμε ένα υπάρχον στοιχείο, το δίκτυο δεν μένει ανεπηρέαστο. Αντ' αυτού, μπορεί να προκαλέσει περαιτέρω αλλαγές στο δίκτυο.

Μία άλλη έννοια είναι η ιδέα της «μετατόπισης συνελεύσεων ενώσεων», η οποία υπονοεί ότι η εισαγωγή ενός νέου τεχνητού αντικειμένου σε ένα υπάρχον δίκτυο μπορεί να προκαλέσει περαιτέρω αλλαγές και μετασχηματισμούς. Σε μικρο-επίπεδο, ο Latour περιέγραψε πώς οι σχέσεις μεταξύ ενός διευθυντή ξενοδοχείου και των καλεσμένων του άλλαξε όταν προστέθηκε ένα ογκώδες βάρος στο κλειδί (Αρχικά, ο διευθυντής του ξενοδοχείου έπρεπε να ζητήσει από τους επισκέπτες να αφήσουν το κλειδί στην υποδοχή του ξενοδοχείου όταν έλειπαν, κάτι που συχνά ξεχνούσαν. Όταν προστέθηκε ένα βάρος στο κλειδί, οι επισκέπτες αντιλαμβάνονταν την παρουσία του κλειδιού και άφηναν το κλειδί στην υποδοχή με δική τους πρωτοβουλία).

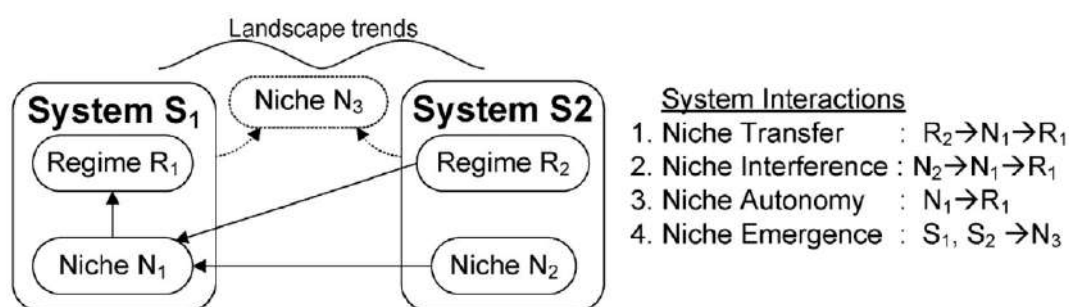
Μερικές από αυτές τις ιδέες για τη δυναμική των αλλαγών μπορούν επίσης να βρεθούν στη βιβλιογραφία της αρθρωτής και αρχιτεκτονικής καινοτομίας. Τα σύνθετα τεχνολογικά προϊόντα και συστήματα αποτελούνται από πολλά συστατικά και υποσυστήματα που αλληλοσυνδέονται και οργανώνονται σε συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές προϊόντων. Αυτό σημαίνει ότι η καινοτομία προϊόντων μπορεί να κατευθυνθεί προς στοιχεία, αρχιτεκτονικές ή σε συνδυασμούς και των δύο. Η αρθρωτή καινοτομία σημαίνει ότι τα εξαρτήματα βελτιώνονται ή αντικαθίστανται χωρίς να επηρεάζονται άλλα εξαρτήματα ή η αρχιτεκτονική του προϊόντος. Αρχιτεκτονική καινοτομία σημαίνει ότι τα στοιχεία παραμένουν τα ίδια αλλά οι σύνδεσμοι μεταξύ τους αλλάζουν. Η ριζική καινοτομία συνεπάγεται αλλαγές και στα στοιχεία και στην αρχιτεκτονική.

Στη διαχείριση της τεχνολογίας, δόθηκε μεγάλη προσοχή στην αρθρωτή καινοτομία επειδή επιτρέπει την κατανομή της εργασίας, την εξειδίκευση και την ευέλικτη καινοτομία. Μερικές φορές όμως η αλλαγή μπορεί να ξεκινήσει ως αρθρωτή καινοτομία και στη συνέχεια να προκαλέσει προσαρμογές σε άλλα στοιχεία και να αλλάξει την αρχιτεκτονική του προϊόντος. Αυτό συμβαίνει ειδικά όταν τα στοιχεία αλλάζουν δραστικά ή βελτιώνονται. Τέτοια δυναμική αλληλουχίας μπορεί να είναι απρόοπτη.

2.5 Όρια συστήματος

Είναι εμφανές πως οι σημαντικοί παράγοντες, πόροι, διαδικασίες και γεγονότα, μπορούν να βρίσκονται σε θύλακες, καθεστώτα ή συστήματα, εντός ή εκτός ενός συστήματος αναφοράς. Η έννοια του ορίου επομένως, είναι απαραίτητη και αναπόφευκτη. Εφιστά την προσοχή σε αυτό που θεωρείται πως βρίσκεται πέρα από τα όρια του εστιακού συστήματος και απαιτεί την εξέταση του ευρύτερου πλαισίου εντός του οποίου πραγματοποιείται η μετάβαση. Και τα δύο είναι μέρος των κριτικών υποθέσεων που κάνει ο ερευνητής κατά την εξέταση του εστιακού συστήματος. Η σαφής περιγραφή του ορίου του συστήματος είναι θέμα υποκειμενικής κρίσης, αν και οι θεωρητικοί έχουν προτείνει πιο αντικειμενικά κριτήρια για μια ευρέως αποδεκτή έννοια.

Ένα κριτήριο για να αποφασιστεί εάν ένας θύλακας ή ένα καθεστώς μπορεί να θεωρηθεί ως εξωτερικό ως προς το εστιακό σύστημα είναι η εκπλήρωση διαφορετικών κοινωνικών αναγκών. Οι διαφορετικές κοινωνικές ανάγκες οδηγούν στην ανάπτυξη τεχνολογικών γνώσεων που σχετίζονται με την ικανοποίηση αυτών των αναγκών. Αυτό αναπόφευκτα διαφοροποιεί τα πρότυπα καινοτομίας των εξωτερικών θυλάκων και καθεστώτων. Τα βασικά μέλη του συστήματος οριοθετούνται από τα μη-μέλη από τον βαθμό στον οποίο κάθε παράγοντας μπορεί να επηρεάσει την αναπαραγωγή του καθεστώτος του συστήματος. Ωστόσο, η ιδιότητα μέλους του συστήματος δεν μπορεί να περιγραφεί αυστηρά, καθώς πολλοί παράγοντες (για παράδειγμα καταναλωτές) μπορούν να είναι μέλη σε περισσότερα από ένα συστήματα.



Σχήμα 2: τύποι αλληλεπιδράσεων συστήματος μετάβασης

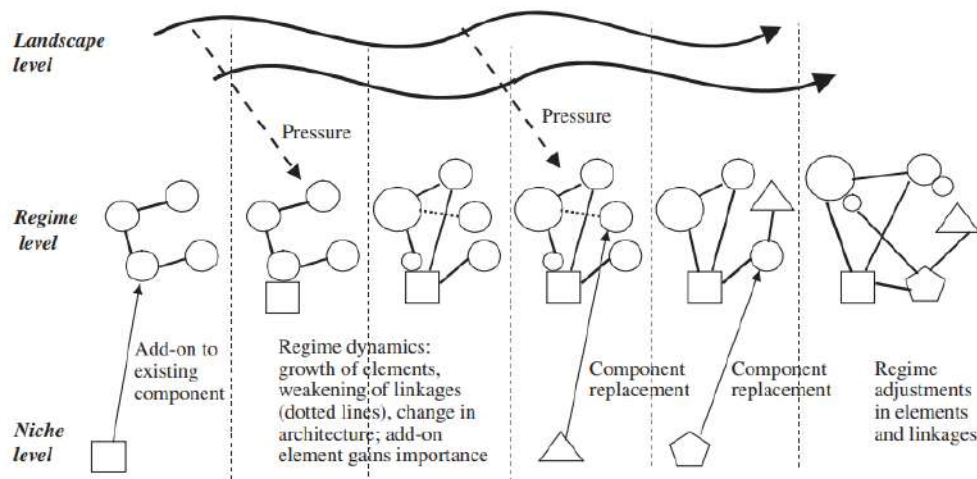
Το Σχήμα 2 παρουσιάζει ένα εννοιολογικό πλαίσιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της εμπλοκής εξωτερικών οντοτήτων (καθεστώτα, θύλακες) σε μεταβάσεις. Αυτό το πλαίσιο μπορεί να διευκολύνει την περιγραφή της φύσης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των στοιχείων ενός εστιακού συστήματος (S1) και άλλων εξωτερικών συστημάτων. Ενώ οι αλληλεπιδράσεις σε τύπους τυπολογίας μπορεί να είναι αμφίδρομες και να περιλαμβάνουν περισσότερα από δύο συστήματα ή καθεστώτα, για λόγους απεικόνισης, τα S1, R1 και N1 θεωρούνται ως εστιακές οντότητες της ανάλυσης. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι το αποτέλεσμα ενδογενών εξελίξεων (ένας εσωτερικός θύλακας N1), ή το αποτέλεσμα κάποιας εξωγενούς επιρροής (για παράδειγμα μια κρίση, μια κοινωνική τάση ή μια νέα τεχνολογία) σε επίπεδο θύλακα (N2) ή καθεστώτος (R2) ενός διαφορετικού συστήματος. Είναι επίσης δυνατό να έχουμε άμεσες αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο ή περισσότερων καθεστώτων, που αποτελούν μέρη του ίδιου συστήματος (δηλαδή εξυπηρετούν την ίδια κοινωνική λειτουργία) ή ανήκουν σε διαφορετικά συστήματα όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Το αποτέλεσμα αυτών των ενδοσυστημικών αλληλεπιδράσεων καθεστώτος, μπορεί να είναι ακόμα και η εμφάνιση ενός νέου θύλακα (N3). Είναι σαφές ότι ένας αριθμός θυλάκων ή καθεστώτων μπορεί να ασκήσει αντικρουόμενες επιρροές στα εστιακά συστήματα, χωρίς να υπονοείται ότι οι αλληλεπιδράσεις και οι εξελίξεις πολλαπλών συστημάτων ή πολλαπλών καθεστώτων είναι πάντα σχετικές και συνεπώς απαραίτητες για να αιτιολογηθεί μια μετάβαση. Το Σχήμα 2 παρουσιάζει επίσης, τους τέσσερις τύπους αλληλεπίδρασης που εντοπίζονται μετά από μια μετα-ανάλυση των περιπτώσεων μετάβασης:

- (i) Μεταφορά θύλακα
- (ii) Παρεμβολή θύλακα
- (iii) Αυτονομία θύλακα

(iv) Εμφάνιση θύλακα

2.6 Η πρόσθετη πορεία

Η ανάλυση των περιπτώσεων και η προκύπτουσα τυπολογία αλληλεπίδρασης συστήματος οδήγησαν στον ορισμό μιας πρόσθετης πορείας μετάβασης. Οι μεταβάσεις ενός συστήματος απεικονίζονταν ως αυτόνομες διαδικασίες, δηλαδή χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα του ευρύτερου πλαισίου. Το πρόσθετο μονοπάτι στοχεύει να καλύψει αυτό το κενό, με αυτήν την επέκταση. Επιπλέον, προσθέτει μια ρεαλιστική πιθανότητα στο MLP, δηλαδή αλλαγή στον αριθμό των υφιστάμενων κοινωνικοτεχνικών συστημάτων.

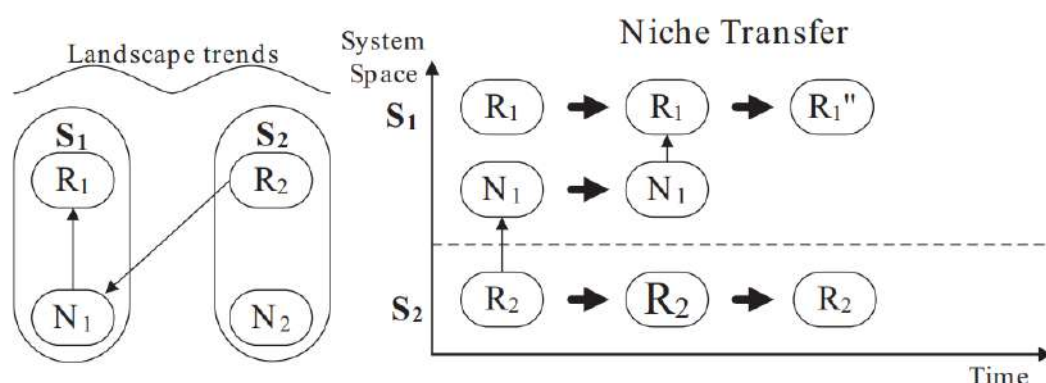


Σχήμα 3: Αναδιαμόρφωση διαδρομής στην προσέγγιση των πολλαπλών επιπέδων

Η ανάλυση των υποθέσεων και ο προσδιορισμός των ενδοσυστημικών συνδέσεων στις μεταβάσεις, οδήγησαν στον ορισμό τεσσάρων τύπων αλληλεπιδράσεων μέσα στα κοινωνικοτεχνικά συστήματα. Συμμετέχουν στις μεταβάσεις και σχετίζονται με τα κριτήρια του είδους και του χρόνου των αλληλεπιδράσεων και συμπληρώνουν την ερμηνεία των Geels και Schot (2007).

Για να απεικονίσουμε τους τύπους αλληλεπίδρασης του συστήματος και τη νέα διαδρομή μετάβασης, στο υπόλοιπο τμήμα δίνεται μια περιγραφή κάθε τύπου και πώς η αλλαγή οδηγεί από ένα εστιακό σύστημα (θύλακας N1, καθεστώς R1, σύστημα S1) σε ένα άλλο (N1, R2, S2).

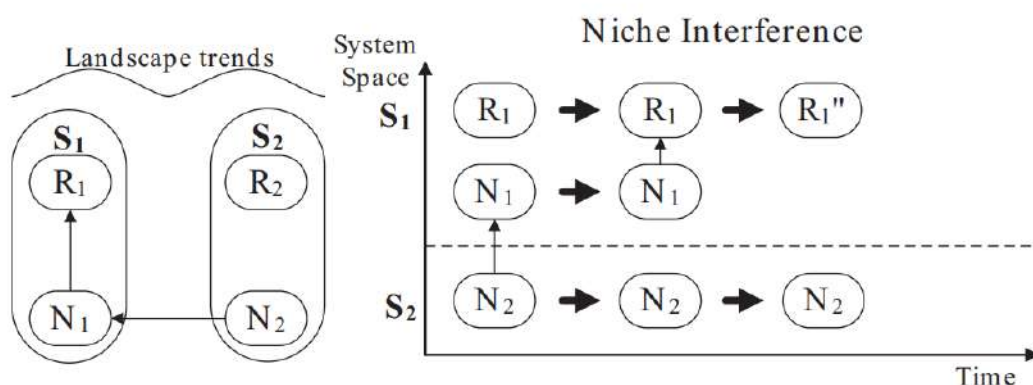
2.6.1 Μεταφορά θύλακα



Σχήμα 4: Μεταφορά θύλακα

Η μεταφορά θύλακα περιλαμβάνει κοινωνικές τάσεις, γνώσεις ή κυρίαρχες τεχνολογίες που προέρχονται από ένα καθεστώς (R2) ενός διαφορετικού συστήματος S2, που είτε επηρεάζουν είτε συμβάλλουν στη δημιουργία ενός εσωτερικού θύλακα (N1). Στη συνέχεια, ανάλογα με τη φύση και το χρόνο των αλληλεπιδράσεων με το R1, υπάρχουν τρεις πιθανές μελλοντικές εξελίξεις για το θύλακα. Πρώτον, μπορεί να απορροφηθεί από το καθεστώς εάν οι αλληλεπιδράσεις ενισχύονται. Δεύτερον, μπορεί να αντικαταστήσει το R1, αν οι αλληλεπιδράσεις είναι ανταγωνιστικές. Σε αυτήν την περίπτωση επειδή οι κύριες επιρροές (κοινωνικές ή τεχνολογικές) προέρχονται από ένα καθιερωμένο καθεστώς, το χρονοδιάγραμμα των αλληλεπιδράσεων πρέπει να συμπίπτει με τις πιέσεις από το τοπίο και τις εσωτερικές εντάσεις στο εστιακό καθεστώς, ώστε να δημιουργηθεί ένα παράθυρο ευκαιρίας. Τέλος, μπορεί να διαλυθεί εάν υπάρχουν αντικρουόμενες αλληλεπιδράσεις και το εστιακό καθεστώς δεν αντιμετωπίζει σημαντικές πιέσεις.

2.6.2 Παρεμβολή θύλακα



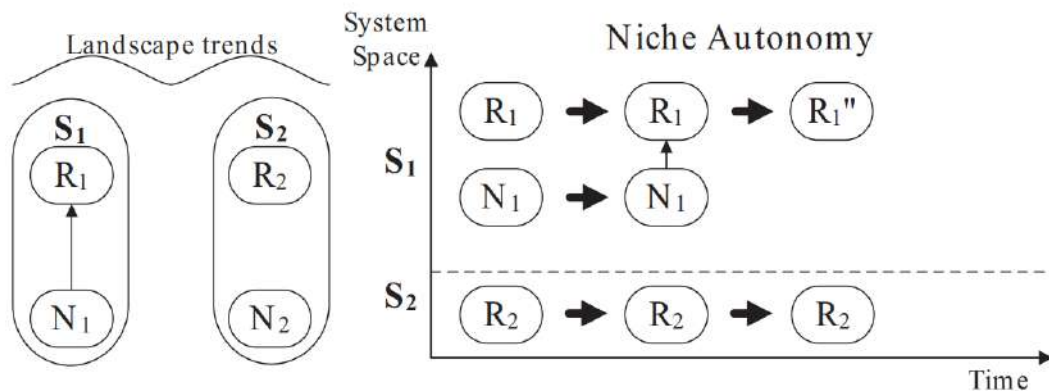
Σχήμα 5: Παρεμβολή θύλακα

Στην παρεμβολή θύλακα, ένας εξωτερικός θύλακας (N2) επηρεάζει έναν ήδη υπάρχων θύλακα (N1) μέσα στο εστιακό σύστημα S1 ή δημιουργείται ένα νέο ανάλογα με το είδος των αλληλεπιδράσεων με το R1. Ο θύλακας μπορεί να:

- (i) απορροφάται από το καθεστώς, εάν οι αλληλεπιδράσεις ενισχύονται ανεξάρτητα από το χρονοδιάγραμμα.

- (ii) αντικαταστήσει το καθεστώς, εάν οι αλληλεπιδράσεις είναι ανταγωνιστικές και ο συγχρονισμός είναι σωστός, δηλαδή ο θύλακας αναπτύσσεται και οι πιέσεις από το τοπίο και οι εσωτερικές εντάσεις στο καθεστώς δημιουργούν ένα παράθυρο ευκαιρίας.
- (iii) διαλυθεί εάν υπάρχουν αντίθετες αλληλεπιδράσεις.

2.6.3 Αυτονομία θύλακα

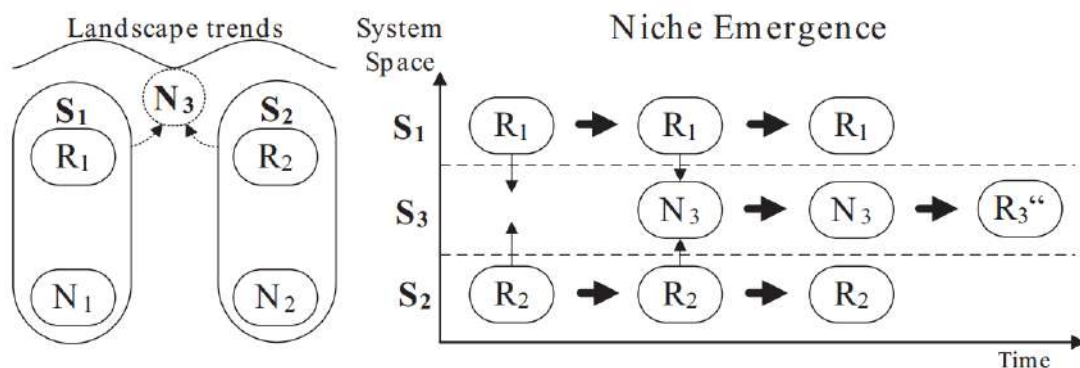


Σχήμα 6: Αυτονομία θύλακα

Στον τρίτο τύπο αλληλεπίδρασης, την αυτονομία θύλακα, οι εξελίξεις στο S1 είναι ανεξάρτητες από οποιοδήποτε εξωτερικό σύστημα S2. Ανάλογα με την κατάσταση των εσωτερικών θυλάκων (N1):

- (i) ορισμένες τεχνολογίες μπορούν να αναπτυχθούν και τελικά να αφομοιωθούν από το καθιερωμένο καθεστώς.
- (ii) εάν η τεχνολογία είναι ανταγωνιστική τότε το καθιερωμένο καθεστώς μπορεί να αντικατασταθεί, εάν ο συγχρονισμός είναι σωστός, δηλαδή εάν ο θύλακας έχει αναπτυχθεί επαρκώς και εάν προκύψει παράθυρο ευκαιρίας.
- (iii) εάν η τεχνολογία αντικατασταθεί από άλλες τότε μπορεί να διαλυθεί.

2.6.4 Εμφάνιση θύλακα



Σχήμα 7: Εμφάνιση θύλακα

Τέλος, ο τέταρτος τύπος, η εμφάνιση θυλάκων, όπου ένα νέο σύστημα εμφανίζεται αρχικά ως θύλακας (N3) από τη συμβολή δύο ή περισσότερων συστημάτων. Για να συμβεί αυτό πρέπει να ενισχυθούν οι αλληλεπιδράσεις. Ο συγχρονισμός τους είναι

επίσης σημαντικός, καθώς τα συστήματα πρέπει να βρίσκονται υπό πίεση και να διαθέτουν επαρκώς αναπτυγμένες και συμπληρωματικές δυνατότητες προκειμένου να συμβάλουν επιτυχώς στην εμφάνιση του θύλακα.

2.6.5 Συμπεράσματα των τύπων αλληλεπίδρασης

Οι έννοιες αυτές μπορούν να ενσωματωθούν στο MLP αλλάζοντας τις αρχικές παραδοχές σχετικά με τις σχέσεις μεταξύ θύλακα και καθεστώτος. Μία από αυτές ήταν ότι οι καινοτομίες έχουν πάντα αρνητική, ανταγωνιστική σχέση με το υφιστάμενο καθεστώς και στοχεύουν στην ανατροπή του. Παρόλα αυτά, μπορούν επίσης να είναι συμβιωτικές, ή και να συντελέσουν στη βελτίωση του. Μπορούν επίσης να αντικαταστήσουν συγκεκριμένα στοιχεία του καθεστώτος χωρίς να το ανατρέψουν.

Πρέπει να γίνει επίσης η παρατήρηση πως ο τέταρτος τύπος αλληλεπίδρασης επιτρέπει την αλλαγή του αριθμού των συστημάτων με το χρόνο. Ανάλογα με τη φύση των αλληλεπιδράσεων του συστήματος, μπορεί να υπάρξει μια απλή μεταφορά τεχνολογίας ή κοινωνικής επιρροής από ένα το σύστημα στο άλλο, ή το ένα να απορροφηθεί από το άλλο. Αυτό επιτρέπει αύξηση ή μείωση του συνολικού αριθμού συστημάτων σε μια συγκεκριμένη περιοχή εξέτασης.

Όπως έχει αναφερθεί, ο ορισμός των αλληλεπιδράσεων συστήματος είναι σύμφωνος με το πλαίσιο MLP. Συμπερασματικά, οι διαδρομές μετάβασης μπορούν να προέλθουν από ένα συνδυασμό διάφορων αλληλεπιδράσεων μεταξύ συστημάτων και τη φύση και τη χρονική συγκυρία των αλληλεπιδράσεων αυτών. Κάθε φορά, ο συγκεκριμένος τύπος αλληλεπίδρασης συστήματος εξαρτάται από το ειδικό πλαίσιο και τη φάση της μετάβασης. Επομένως, μια περίπτωση μετάβασης μπορεί να αντιστοιχεί σε μία μόνο διαδρομή μετάβασης και ταυτόχρονα σε έναν ή περισσότερους τύπους αλληλεπίδρασης συστήματος. Στον Πίνακα 1 παρέχονται μια πλήρης λίστα των περιπτώσεων που έχουν αναλυθεί, μαζί με τους σχετικούς τρόπους μετάβασης και τους τύπους αλληλεπίδρασης του συστήματος.

List of transition cases, pathways and types of system interactions.

Case Title	Reference	System interaction	Transition pathway
The hygienic transition from cess pools to sewer systems	Geels (2006a)	Niche transfer	Transformation
An analysis of the Dutch highway system	Geels (2007a)	Niche transfer	Transformation
The emergence of the computer regime	Van den Ende and Kemp (1999)	Niche emergence	Emergence
The transformation of American factory production	Geels (2006b)	Niche interference	Reconfiguration
The breakthrough of rock 'n' roll	Geels (2007b)	Niche autonomy	Reconfiguration
The ongoing energy transition of the Dutch electricity system	Verbong and Geels (2007)	Niche autonomy	Transformation
The transition from horse-drawn carriages to automobiles	Geels (2005b)	Niche interference	De-alignment re-alignment
Combined heat and power technologies in Netherlands	Raven and Verbong (2007)	Niche autonomy	Reconfiguration
The transition of aviation systems from propeller to turbojet	Geels (2006c)	Niche autonomy	Transformation
The transition from sailing ships to steamships	Geels (2002)	Niche interference	Substitution
The transition in water supply and personal hygiene in the Netherlands	Geels (2005c)	Niche autonomy	Transformation
The co-evolution of waste and electricity regimes in the Netherlands	Raven (2007)	Niche transfer	Emergence
The transition from mixed farming to intensive pig husbandry	Geels (2009)	Niche transfer	Transformation
The emergence of functional foods	Papachristos et al. (2010)	Niche emergence	Emergence
The use of ICT in car sharing	Papachristos (2011)	Niche transfer	Transformation

Πίνακας 1

Ενώ είναι δυνατόν να συσχετιστεί κάθε μετάβαση σε έναν μόνο τύπο αλληλεπίδρασης συστήματος (Πίνακας 1), δεν είναι δυνατόν να εξακριβωθεί μία αντιστοιχία 1 προς 1 αλληλεπιδράσεων συστήματος, με διαδρομές μετάβασης με υπό όμοιες αλληλεπιδράσεις. Για παράδειγμα, κοιτάζοντας τον Πίνακα 1, η εξειδικευμένη παρέμβαση μπορεί να σχετίζεται με περιπτώσεις αναδιαμόρφωσης ή υποκατάστασης ανάλογα την κατάσταση. Είναι δύσκολο να κάνουμε οποιαδήποτε γενική οριστική δήλωση σχετικά με τις μεταβατικές οδούς, αφού μία μόνο περίπτωση υποκατάστασης και αποκατάστασης ευθυγράμμισης εξετάστηκαν, όπου και στις δύο περιπτώσεις ο τύπος αλληλεπίδρασης του συστήματος είναι ο δεύτερος, παρεμβολή θύλακα. Είναι πιθανό περιπτώσεις με παρόμοιες οδούς μετάβασης να συνεπάγονται διαφορετικό τύπο αλληλεπίδρασης συστήματος.

Αυτό που είναι δυνατόν να συναχθεί από τον παραπάνω πίνακα είναι ότι διαδικασίες μετασχηματισμού ή αναδιάρθρωσης είναι δυνατές με κάποια εξωτερική επιρροή (μεταφορά και παρεμβολή θύλακα) ή χωρίς εξωτερική επιρροή (αυτονομία θύλακα). Αυτό επιβεβαιώνει ότι η ανάλυση και η έννοια των αλληλεπιδράσεων του συστήματος δεν αποκλίνει από τους αρχικούς ορισμούς των διαδρομών μετάβασης MLP, παρά το γεγονός ότι οι τελευταίοι αφορούσαν μεταβάσεις μεμονωμένου συστήματος. Απλώς παρέχουν μια επέκταση σε αυτό. Αυτό υπονοεί επίσης ότι σε μελλοντικές αναλύσεις MLP, ίσως αξίζει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στην εσωτερική/εξωτερική διάσταση προκειμένου να βελτιωθούν ή/και να συμπληρωθούν οι περιγραφές των διαδρομών μετάβασης MLP συμπεριλαμβανομένου των αλληλεπιδράσεων του συστήματος που λαμβάνουν χώρα.

2.7 Θύλακες, καθεστώς, τοπίο

Δομικά, ένα κοινωνικοτεχνικό σύστημα αποτελείται από τρία αλληλένδετα στοιχεία:

- (i) ένα δίκτυο από παράγοντες και κοινωνικά γκρουπ
- (ii) τυπικούς, γνωστικούς και κανονιστικούς κανόνες που καθοδηγούν τις δραστηριότητές τους
- (iii) υλικά και τεχνικά στοιχεία ως αντικείμενα και υποδομές.

Οι κοινωνικές ομάδες επηρεάζουν την πορεία του κοινωνικοτεχνικού συστήματος και τη σταθερότητά του, τηρώντας συγκεκριμένα σύνολα κανόνων που αποτελούν το κοινωνικοτεχνικό καθεστώς υπό το οποίο λειτουργούν. Το καθεστώς ακολουθεί μια σταδιακή τροχιά καινοτομίας που είναι δύσκολο να αλλάξει ή να σπάσει, λόγω της εξάρτησης από τη διαδρομή.

Σύμφωνα με τη προσέγγιση των πολλαπλών επιπέδων, η αναδιάρθρωση ή η αλλαγή ενός συστήματος, είναι αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων μεταξύ τριών επιπέδων: τοπίο, καθεστώς και θύλακας.

2.7.1 Θύλακες

Οι θύλακες είναι το μέρος όπου οι ριζοσπαστικές καινοτομίες προκύπτουν μέσω διαδικασιών συν-κατασκευής. Λειτουργούν ως «αίθουσες επώασης» για ριζοσπαστικές καινοτομίες, προστατεύοντάς τις από την κύρια αγορά. Μπορεί να έχουν τη μορφή θυλάκων μικρής αγοράς, όπου τα κριτήρια επιλογής είναι διαφορετικά από αυτά στο υπάρχον καθεστώς. Διαρκούν όσο διαρκεί η διαδικασία της μετάβασης και η ύπαρξή τους σηματοδοτεί τη διαδικασία της μετάβασης, η οποία τελειώνει είτε με την εξάπλωση του θύλακα και τη δημιουργία μίας νέας κατάστασης (νέο καθεστώς), είτε με την αποτυχία του θύλακα και την επιστροφή στο παλιό καθεστώς (διατήρηση καθεστώτος). Αυτοί οι θύλακες του συστήματος λειτουργούν ως «πρωτο-αγορές» όταν η ζήτηση της αγοράς δεν είναι ακόμη ικανοποιητική και μπορούν να έχουν δύο διαστάσεις, οικολογική και κοινωνικογνωστική.

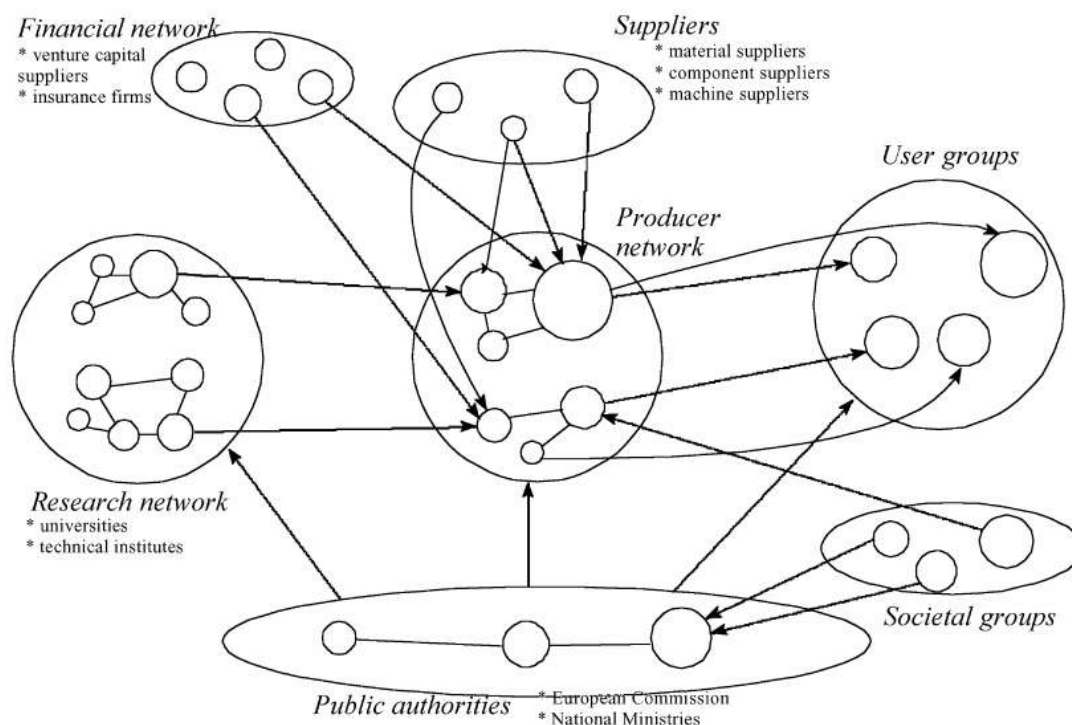
Η πρώτη διάσταση υπογραμμίζει τη σημασία της διατήρησης ενός προστατευμένου τόπου με ιδιαίτερους πόρους (είτε από καταναλωτές ή επιδοτήσεις), κάτι που επίσης αναφέρεται από ορισμένους εξελικτικούς οικονομολόγους. Υποστηρίζουν ότι οι θύλακες της αγοράς παρέχουν μια μικρή ποσότητα πόρων ώστε να επιτραπεί σε μια νέα τεχνολογία να επιβιώσει και να αναπτυχθεί σε σχετική απομόνωση. Αλλά το επίκεντρο σε αυτή τη βιβλιογραφία είναι τα αποτελέσματα του πλάτους των θυλάκων της αγοράς σε ανταγωνισμό με το πλήθος των επιχειρήσεων.

Η δεύτερη είναι μια προσθήκη από την κοινωνιολογία της τεχνολογίας, τονίζοντας τη σημασία των κοινωνικών δικτύων και τον συντονισμό των δραστηριοτήτων υπό κοινούς κανόνες και αντιλήψεις. Στους θύλακες, τα κοινωνικά δίκτυα γύρω από τις νέες τεχνολογίες είναι συνήθως μικρά, και οι γνωστικοί κανόνες ασταθείς. Υπάρχει μικρή σταθερότητα και πολλή αβεβαιότητα και οι φορείς εργάζονται σε διαφορετικές κατευθύνσεις, εξερευνώντας διαφορετικές τροχιές. Από αυτό το πρίσμα, διακρίνονται τρεις σημαντικές εσωτερικές διαδικασίες. Η πρώτη διαδικασία είναι η *μάθηση*. Για να δημιουργηθεί μια λειτουργική διαμόρφωση, οι διαδικασίες μάθησης και συν-κατασκευής είναι σημαντικές σε διάφορες διαστάσεις, π.χ. τεχνολογία,

προτιμήσεις χρηστών, ρύθμιση, συμβολική σημασία, υποδομή και παραγωγή συστημάτων. Η δεύτερη διαδικασία είναι η οικοδόμηση των κοινωνικών δικτύων και των θεσμών που υποστηρίζουν τη νέα καινοτομία και επενδύουν στην περαιτέρω ανάπτυξή της. Η τρίτη διαδικασία είναι η άρθρωση των οραμάτων και των προσδοκιών για να παράσχουν προσανατολισμό προς το μέλλον και να δώσουν κατεύθυνση στις μαθησιακές διαδικασίες.

2.7.2 Καθεστώτα

Το μεσο-επίπεδο διαμορφώνεται από κοινωνικοτεχνικά καθεστώτα. Αυτή η ιδέα βασίζεται στην έννοια των τεχνολογικών καθεστώτων των Nelson και Winter (1982), που αναφέρεται σε γνωστικές ρουτίνες που μοιράζονται οι μηχανικοί και οι σχεδιαστές σε μια τεχνική κοινότητα. Τα τεχνολογικά καθεστώτα δημιουργούν σταθερότητα, επειδή οι μηχανικοί σε διαφορετικές εταιρείες αναζητούν και δουλεύουν σε παρόμοιες κατευθύνσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τεχνολογικές τροχιές σε τομεακό επίπεδο, δηλαδή σταδιακές βελτιωτικές αλλαγές στις υπάρχουσες τεχνολογίες σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Οι δραστηριότητες αυτών των κοινωνικών ομάδων (ανα)παράγουν και διατηρούν τα στοιχεία και τους δεσμούς σε κοινωνικοτεχνικά συστήματα. Οι ομάδες αλληλεξαρτώνται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, οδηγώντας σε συντονισμό και ευθυγράμμιση. Η καινοτομία εξακολουθεί να συμβαίνει, αλλά είναι σταδιακής φύσης, που οδηγεί σε τροχιές και εξαρτήσεις διαδρομής.



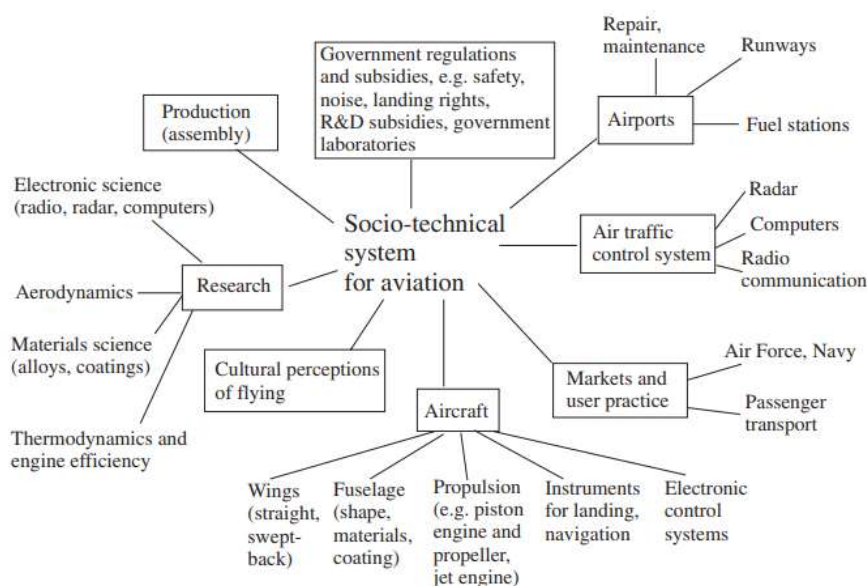
Σχήμα 8: Το δίκτυο των πολλαπλών παραγόντων που εμπλέκονται σε ένα κοινωνικοτεχνικό καθεστώς

Αλλά τα κοινωνικοτεχνικά συστήματα σε τομεακό επίπεδο δεν σχετίζονται μόνο με δραστηριότητες μηχανικών, αλλά και με δραστηριότητες άλλων κοινωνικών ομάδων.

Το Σχήμα 4 δίνει μια εντύπωση για τις κοινωνικές ομάδες που εμπλέκονται σε ένα κοινωνικοτεχνικό καθεστώς.

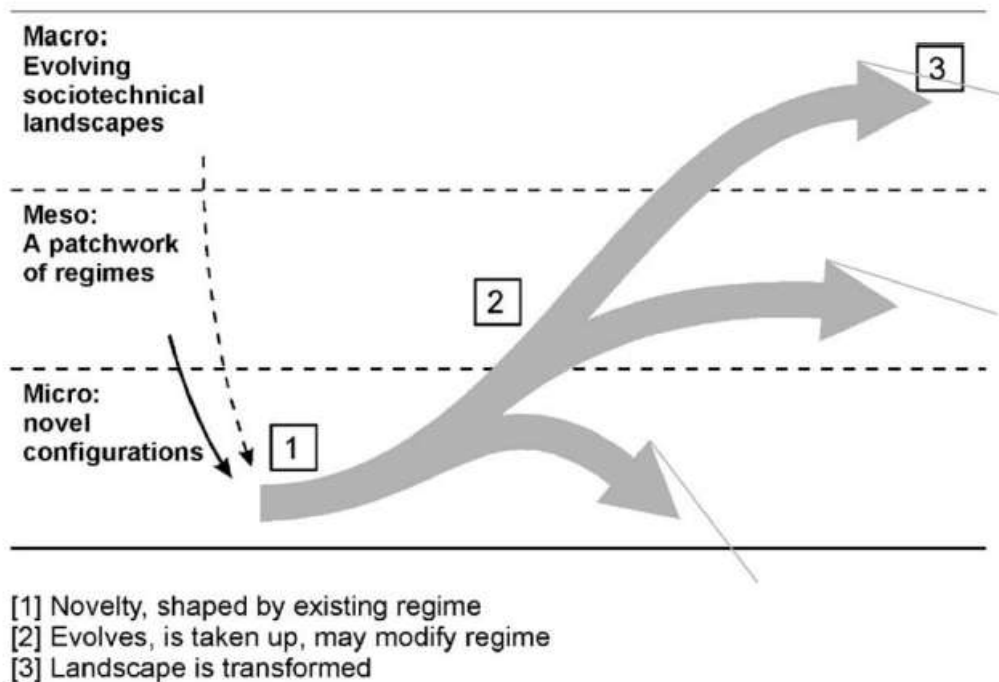
2.7.3 Τοπία

Το μακρο-επίπεδο διαμορφώνεται από το κοινωνικοτεχνικό τοπίο, το οποίο αναφέρεται σε πτυχές του εξωγενούς περιβάλλοντος. Το περιεχόμενο του κοινωνικοτεχνικού τοπίου είναι ετερογενές και μπορεί να περιλαμβάνει πτυχές όπως η οικονομική ανάπτυξη, ευρείς πολιτικοί συνασπισμοί, πολιτιστικές και κανονιστικές αξίες, περιβαλλοντικά προβλήματα, ελλείψεις πόρων. Περιλαμβάνει επίσης το υλικό πλαίσιο μεγάλης κλίμακας της κοινωνίας, π.χ. υλικές και χωρικές ρυθμίσεις πόλεων, εργοστασίων, αυτοκινητοδρόμων και υποδομές ηλεκτρικής ενέργειας. Επιλέγεται η μεταφορά «τοπίο» λόγω της σχετικής «σκληρότητας» και του υλικού πλαισίου της κοινωνίας. Τα τοπία είναι πέρα από την άμεση επιρροή των παραγόντων και δεν μπορούν να αλλάξουν κατά βούληση. Αλλαγές σε επίπεδο τοπίου συνήθως λαμβάνουν χώρα αργά, κατά σειρά δεκαετιών, αλλά μπορεί μερικές φορές να συμβούν γρήγορα λόγω αναπάντεχων γεγονότων (π.χ. πόλεμος, ταχεία αύξηση τιμής του πετρελαίου, επιδημίες).



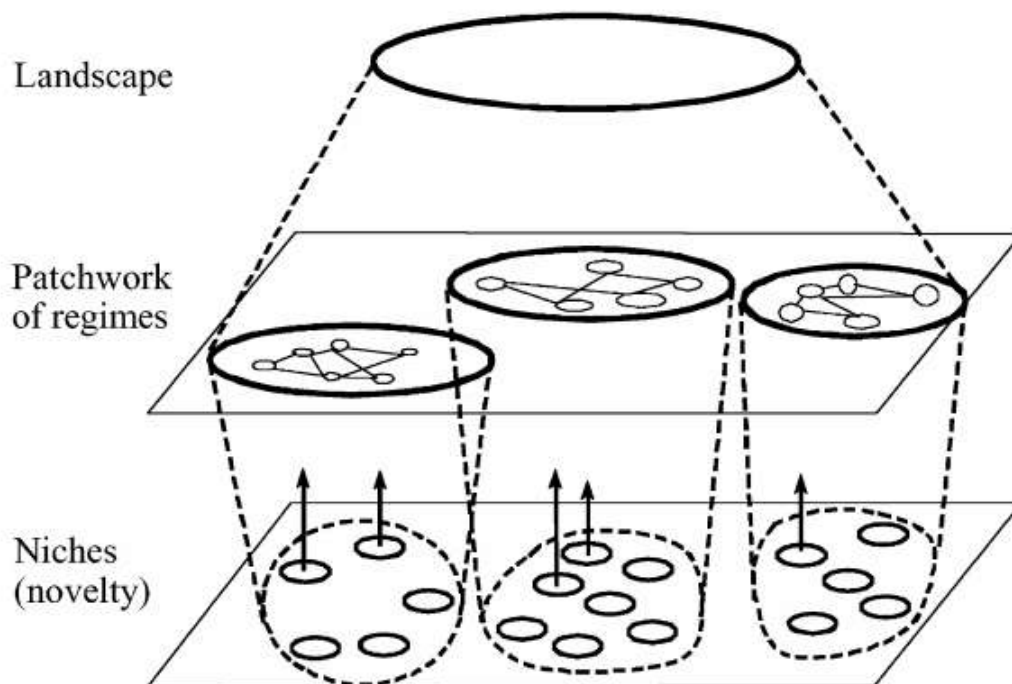
Σχήμα 9: Το κοινωνικοτεχνικό σύστημα για την αεροπορία

Ο ένθετος χαρακτήρας αυτών των επιπέδων, σημαίνει ότι τα καθεστώτα είναι ενσωματωμένα στα τοπία και οι θύλακες εντός των καθεστώτων. Οι καινοτομίες αναδύονται στους θύλακες, στο πλαίσιο των υπάρχοντων καθεστώτων και τοπίων με τα δικά τους συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Οι καινοτομίες παράγονται βάσει γνώσεων και ικανοτήτων και προσανατολίζονται στα προβλήματα των υπάρχοντων καθεστώτων. Το Σχήμα 10 δείχνει πώς ξεκινάει μια τεχνολογική μετάβαση σε έναν θύλακα. Τα διακεκομμένα βέλη δείχνουν ότι η εμφάνιση θυλάκων επηρεάζεται έντονα από τα υπάρχοντα καθεστώτα και τοπία.



Σχήμα 10: Η δυναμική της κοινωνικοτεχνικής αλλαγής

Το σημαντικό σημείο της προσέγγισης των πολλαπλών επιπέδων είναι ότι η περαιτέρω επιτυχία μιας νέας τεχνολογίας δεν εξαρτάται μόνο από διαδικασίες εντός του θύλακα, αλλά και από εξελίξεις στο επίπεδο του υφιστάμενου καθεστώτος και του κοινωνικοτεχνικού τοπίου. Η ευθυγράμμιση των εξελίξεων (επιτυχημένες διαδικασίες εντός του θύλακα που ενισχύονται από αλλαγές σε επίπεδο καθεστώτος και κοινωνικοτεχνικού τοπίου) καθορίζει εάν θα υπάρξει αλλαγή καθεστώτος.

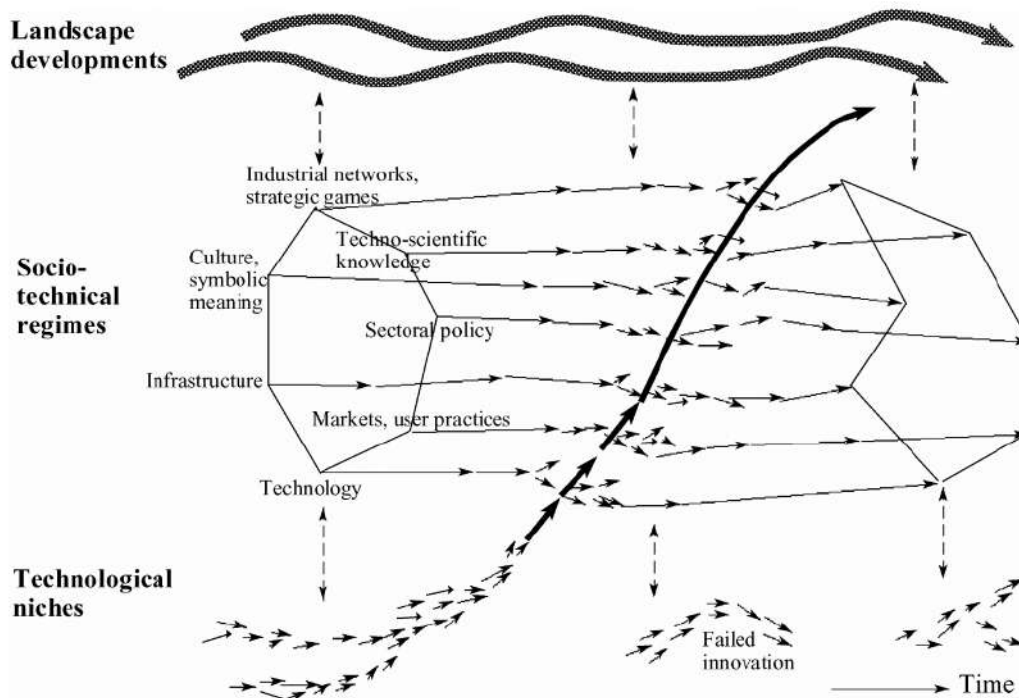


Σχήμα 11: Ο ένθετος χαρακτήρας των επιπέδων ενός κοινωνικοτεχνικού συστήματος

2.8 Το ταξίδι της καινοτομίας

Στο Σχήμα 12 έχουν διακριθεί επτά διαστάσεις στο κοινωνικοτεχνικό καθεστώς: τεχνολογία, πρακτικές χρηστών και τομείς εφαρμογής (αγορές), συμβολική έννοια - κουλτούρα, υποδομή, βιομηχανική δομή, πολιτική και τεχνο-επιστημονικές γνώσεις. Οι τακτικές και οι σταδιακές διαδικασίες, σε εξέλιξη ή όχι, αντιπροσωπεύονται με σχετικά μεγάλα βέλη. Αν και οι διαφορετικές διαστάσεις συνδέονται και συν-εξελίσσονται, έχουν επίσης εσωτερική δυναμική. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε «εντάσεις», όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 12, με μικρότερα αποκλίνοντα βέλη, που δείχνουν αβεβαιότητα και διάσταση απόψεων. Οι εντάσεις μπορεί να οδηγήσουν σε περιόδους στις οποίες εξασθενούν οι δεσμοί. Στο επίπεδο του τοπίου, οι αλλαγές συμβαίνουν συνήθως αργά, π.χ. πολιτιστικές αλλαγές, δημογραφικές τάσεις, ευρεία πολιτική αλλαγή, οι οποίες παριστάνονται στο Σχήμα 12 με παχιά μακριά βέλη. Οι αλλαγές στο τοπίο μπορεί να ασκήσουν πίεση στο καθεστώς. Στο επίπεδο του θύλακα, οι φορείς στα διάφορα δίκτυα εργάζονται σε ριζικές καινοτομίες. Επειδή ένα κυρίαρχο σχέδιο δεν έχει ακόμα αναδειχθεί, οι προσπάθειες κατευθύνονται προς όλες τις κατευθύνσεις, κάτι που οδηγεί σε ποικιλία. Στο Σχήμα 12, αυτό αντιπροσωπεύεται με μικρά βέλη που πηγαίνουν σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Αν και οι ριζοσπαστικές καινοτομίες μπορεί να φαίνονται πολλά υποσχόμενες για λίγο, δεν αποτελούν εγγύηση επιτυχίας. Οι πειραματισμοί και οι διάφορες προσπάθειες, μπορούν σταδιακά να σταθεροποιηθούν και να αποτελέσουν τον κυρίαρχο σχεδιασμό (Σχήμα 12, με βέλη που μεγαλώνουν περισσότερο και παχύτερα).

Το κύριο σημείο είναι ότι η τεχνολογική μετάβαση συμβαίνει ως αποτέλεσμα των δεσμών μεταξύ των εξελίξεων σε πολλαπλά επίπεδα, κάτι που παριστάνεται με κάθετα διακεκομμένα βέλη. Ριζοσπαστικές καινοτομίες ξεσπούν στο θύλακα όταν συνεχιζόμενες διεργασίες στα επίπεδα του καθεστώτος και του τοπίου δημιουργούν ένα «παράθυρο ευκαιρίας». Αυτά μπορεί να δημιουργηθούν από εντάσεις στο κοινωνικοτεχνικό καθεστώς, ή από αλλαγές στο τοπίο που ασκούν πίεση στο καθεστώς. Το Σχήμα 12 δείχνει επίσης ότι η τεχνολογική μετάβαση αφορά τη σύνδεση πολλαπλών τεχνολογιών, με συνέπειες όχι μόνο στην υφιστάμενη τεχνολογία και μερίδια αγοράς, αλλά και αλλαγές σε ευρύτερες διαστάσεις, όπως κανονισμούς, δομές, συμβολική έννοια, βιομηχανικά δίκτυα (αντιπροσωπεύεται από την αυξημένη πυκνότητα των βελών).



Σχήμα 12: Η δυναμική της προσέγγισης των πολλαπλών επιπέδων για τις τεχνολογικές μεταβάσεις

2.9 Τα είδη των καινοτομιών

Οι Freeman και Perez (1988) διακρίνουν τέσσερα είδη καινοτομιών.

- Αυξητικές καινοτομίες, που συμβαίνουν συνεχώς σε οποιονδήποτε κλάδο για τη βελτίωση της τιμής και της απόδοσης.
- Ριζοσπαστικές καινοτομίες, που είναι ασυνεχή γεγονότα, κατανεμημένα άνισα σε τομείς με την πάροδο του χρόνου. Όταν συμβαίνουν είναι σημαντικές ως δυναμικά εφελκύσματα για την ανάπτυξη νέων αγορών και για κύματα νέων επενδύσεων. Περιλαμβάνουν συχνά ένα συνδυαστικό προϊόν, διαδικασίες και οργανωτική καινοτομία.
- Αλλαγές τεχνολογικού συστήματος, οι οποίες είναι αρκετά εκτεταμένες, ώστε να επηρεάζουν πολλούς κλάδους της οικονομίας, καθώς επίσης και να δημιουργούν εντελώς νέους τομείς. Βασίζονται σε έναν συνδυασμό ριζοσπαστικών και σταδιακών καινοτομιών, μαζί με οργανωτικές και διαχειριστικές καινοτομίες που επηρεάζουν περισσότερες από μία εταιρείες.
- Οι αλλαγές στο «τεχνο-οικονομικό παράδειγμα» (TEP), οι οποίες είναι εκτεταμένες και επηρεάζουν ολόκληρη την οικονομία. Υπερβαίνουν τις τροχιές της μηχανικής για συγκεκριμένες τεχνολογίες προϊόντων ή διεργασιών και επηρεάζουν τη δομή του κόστους εισροών και τις συνθήκες παραγωγής και διανομής σε όλο το σύστημα.

2.10 Οι φάσεις μίας μετάβασης

Το βασικό σημείο του MLP είναι ότι πραγματοποιούνται μεταβάσεις μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ της δυναμικής πολλαπλών επιπέδων, σε διάφορες φάσεις. Έτσι η διάχυση της νέας καινοτομίας είναι σταδιακή και έχουν προταθεί τέσσερις φάσεις στις οποίες πραγματοποιείται η διαδικασία.

Στην πρώτη φάση, οι καινοτομίες εμφανίζονται στους θύλακες στο πλαίσιο του υφιστάμενου καθεστώτος και της ανάπτυξης του τοπίου. Δεν υπάρχει ακόμη κυρίαρχος σχεδιασμός, ενώ διάφορες τεχνικές φόρμες μπορεί να ανταγωνίζονται μεταξύ τους. Οι παράγοντες αυτοσχεδιάζουν, πειραματίζονται για να επιτύχουν τον καλύτερο σχεδιασμό και προσπαθούν να ευθυγραμμίσουν τα ετερογενή στοιχεία σε διαδικασίες κατασκευής. Υποστηρίζουν το θύλακα, ελπίζοντας ότι οι καινοτομίες θα χρησιμοποιηθούν τελικά στο ευρύτερο καθεστώς. Αυτό δεν είναι εύκολο, επειδή το υφιστάμενο καθεστώς είναι εδραιωμένο με πολλούς τρόπους (π.χ. θεσμικά, οργανωτικά, οικονομικά, πολιτιστικά). Οι ριζοσπαστικές καινοτομίες συχνά δεν είναι συμβατές με το υπάρχον καθεστώς και δεν είναι εύκολο για αυτές να επιλεγούν και να αναπτυχθούν.

Στη δεύτερη φάση, η καινοτομία χρησιμοποιείται σε μικρούς θύλακες της αγοράς, οι οποίες παρέχουν πόρους για τεχνική εξειδίκευση. Σταδιακά, μια αφοσιωμένη κοινότητα μηχανικών και παραγωγών αναδύεται, κατευθύνοντας τις δραστηριότητές τους σε περαιτέρω βελτίωση της νέας τεχνολογίας. Καθώς αυτή η κοινότητα διατυπώνει νέους κανόνες, η αναδυόμενη τεχνολογία αναπτύσσει μια δική της πορεία. Καθώς οι χρήστες αλληλοεπιδρούν με τη νέα τεχνολογία και την ενσωματώνουν στις πρακτικές τους, αποκτούν εμπειρία με αυτήν και σταδιακά εξερευνούν νέες λειτουργίες.

Η τρίτη φάση χαρακτηρίζεται από μια ανάπτυξη της νέας τεχνολογίας, την ευρεία διάδοσή της και τον ανταγωνισμό με το καθιερωμένο καθεστώς. Υπάρχουν δύο συμπληρωματικοί παράγοντες. Από τη μία πλευρά, οι εσωτερικότητες στο θύλακα, π.χ. βελτιώσεις τιμής/απόδοσης, αυξημένα κίνητρα για υιοθέτηση. Από την άλλη πλευρά, οι εξωτερικές συνθήκες σε επίπεδο καθεστώτος και τοπίου που δημιουργούν «παράθυρα ευκαιριών». Εκεί μπορεί να υπάρχουν συνεχιζόμενες διαδικασίες ή εντάσεις στο καθεστώς στις οποίες μπορεί να ταιριάξει η νέα τεχνολογία. Παράθυρα ευκαιριών μπορεί να προκύψουν λόγω προβλημάτων που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη διαθέσιμη τεχνολογία, π.χ. τεχνολογικοί περιορισμοί, μειωμένες αποδόσεις της υπάρχουσας τεχνολογίας, υποθετικές ανωμαλίες. Μπορεί επίσης να υπάρξουν αλλαγές στις αγορές και τις προτιμήσεις των χρηστών, ενδεχομένως επηρεασμένες από ευρύτερες πολιτιστικές αλλαγές. Ή μπορεί να συμβούν αλλαγές στις πολιτικές ατζέντες, με αποτέλεσμα αυστηρότερους κανονισμούς που δημιουργούν προβλήματα στην υπάρχουσα τεχνολογία. Ένας άλλος παράγοντας είναι ο ανταγωνισμός και τα στρατηγικά παιχνίδια μεταξύ επιχειρήσεων που μπορεί επίσης να δημιουργήσουν ευκαιρίες για νέες τεχνολογίες. Επιπλέον, ενδέχεται να υπάρχουν αλλαγές στο επίπεδο τοπίου που ασκεί πίεση στο καθεστώς και έτσι να αλλάξει το περιβάλλον επιλογής.

Στην τέταρτη φάση, καθώς η νέα τεχνολογία εισέρχεται στις κύριες αγορές, αναπτύσσει μια ανταγωνιστική σχέση με το καθιερωμένο καθεστώς και τελικά το αντικαθιστά. Αυτό συνοδεύεται από ευρύτερες αλλαγές στο κοινωνικοτεχνικό καθεστώς, για την εξάλειψη αναντιστοιχιών που η νέα τεχνολογία είχε με τις διάφορες κοινωνικοοικονομικές διαστάσεις. Το νέο καθεστώς μπορεί με τη σειρά του να επηρεάσει τις ευρύτερες εξελίξεις τοπίου.

3. Σύντομες μελέτες

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται περιεκτικά κάποιες ενδεικτικές περιπτωσιολογικές μελέτες κάτω από το πρίσμα των αλληλεπιδράσεων του συστήματος. Η ανάλυση βασίζεται στην τυπολογία μεταβάσεων που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2.6. Το εστιακό σύστημα ορίζεται ως S1. Το καθεστώς και οι θύλακες στο εστιακό σύστημα χαρακτηρίζονται ως «εσωτερικό R1» και «εσωτερική N1». Πρόσθετα καθεστώτα εσωτερικά σε ένα σύστημα ορίζονται ως «εσωτερικό R2», κλπ. Εξωτερικά καθεστώτα που βρίσκονται σε διαφορετικά συστήματα χαρακτηρίζονται ως «εξωτερικό R2» και εξωτερικοί θύλακες ως «εξωτερικός N2». Οι μελέτες δεν προορίζονται να μεταφέρουν όλες τις κρίσιμες λεπτομέρειες, αλλά μόνο να επισημάνουν τις συστημικές αλληλεπιδράσεις σε κάθε περίπτωση μετάβασης.

3.1 Η μετάβαση υγιεινής από καταβόθρες σε συστήματα αποχέτευσης (1840–1930)

Το ολλανδικό καθεστώς διάθεσης αποβλήτων (εσωτερικό R1) αντιμετώπισε το πρόβλημα των μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων που συσσωρεύονταν σε δεξαμενές, δρόμους και κανάλια. Αρχικά, δεν λήφθηκε καμία ενέργεια επειδή η υγεία θεωρούνταν ατομική ευθύνη και οι κυβερνήσεις των πόλεων είχαν περιορισμένους πόρους. Αυτό άλλαξε όταν οι επιδημίες της χολέρας έπληξαν τις Κάτω Χώρες το 1832 και το 1848. Η ανάπτυξη ιατρικών στατιστικών πληροφοριών για τις επιδημίες χολέρας, κατέδειξαν συσχετίσεις μεταξύ συνθηκών υγιεινής και χολέρας. Αυτή η πίεση από το ιατρικό καθεστώς (εξωτερικό R2) είχε ως αποτέλεσμα γνωστικές αλλαγές σχετικά με τις μολυσματικές ασθένειες. Μαζί με την ανάπτυξη σχεδίων αποχέτευσης από μηχανικούς, είχε ως αποτέλεσμα μια εισροή γνώσεων, στο καθεστώς διαχείρισης αποβλήτων, καθώς γιατροί και μηχανικοί δημιούργησαν κάποιους αρχικούς θύλακες. Η ιατρική κοινότητα πρότεινε οι τοπικές αρχές να μειώσουν τη συσσώρευση αποβλήτων, αν και οι αιτιώδεις μηχανισμοί των επιδημιών εντοπίστηκαν αργότερα. Η διάδοση της γνώσης στο καθεστώς διαχείρισης αποβλήτων διευκολύνθηκε από τη σύσταση τοπικών επιθεωρητών υγείας.

Αυτή η διάδοση γνώσης είχε ένα πρόσθετο χαρακτήρα καθώς η υπάρχουσα γνώση για σωλήνες και υπόγειες ροές των υδάτων, δεν ήταν ικανοποιητική στο καθεστώς διάθεσης αποβλήτων. Εξελίχθηκε προσδιορίζοντας τον καλύτερο τρόπο συνδυασμού λύσεων και μείωσης του κόστους. Έφερε την εξερεύνηση εναλλακτικών λύσεων για τη διαχείριση αποβλήτων, επιδοτώντας πειραματικά έργα (εσωτερικό N1). Το κόστος και τα οφέλη από διαφορετικές διαμορφώσεις διάθεσης αποβλήτων επηρεάστηκαν επίσης από άλλες εξελίξεις. Η διάχυση σωληνώσεων νερού και αποχωρητηρίων (εσωτερικό N1) είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της οικονομικής σκοπιμότητας στο σύστημα συλλογής. Τέλος, η επέκταση του καθεστώτος στέγασης (εξωτερικό R2) και

η κατασκευή νέων γειτονιών, παρείχε την ώθηση για την ενσωμάτωση της κατασκευής σωλήνων αποχέτευσης στα σχέδια των σπιτιών.

Αυτή η περίπτωση αντιστοιχεί στη διαδρομή μετάβασης μετασχηματισμού μέσω μεταφοράς θύλακα, καθώς γνώση και τεχνολογίες που προέρχονται από διαφορετικά συστήματα, σε αυτήν την περίπτωση το ιατρικό σύστημα και το κατασκευαστικό σύστημα, συνέβαλαν στη δημιουργία θυλάκων μέσα το εστιακό σύστημα διάθεσης αποβλήτων. Το τελευταίο μετατράπηκε τελικά στο σύστημα αποχέτευσης, μετά την εμφάνιση μιας κυρίαρχης λύσης μέσω μιας διαδικασίας αφομοίωσης και δοκιμής αυτής της γνώσης και τεχνολογίας σε θύλακες μέσα στο σύστημα.

3.2 Η μετάβαση από άμαξες σε αυτοκίνητα (1860-1930)

Στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα, οι αμερικανικές πόλεις μεγάλωσαν ως αποτέλεσμα της μετανάστευσης και της εκβιομηχάνισης. Οι οικογένειες μεσαίας τάξης ανέπτυξαν σταδιακά μια προτίμηση να ζουν στα λιγότερο πολυσύχναστα προάστια. Η επακόλουθη ταχεία αστικοποίηση οδήγησε στην ανάπτυξη των αστικών μεταφορών με άλογα (εσωτερικές R1). Αυτό το καθεστώς αντιμετώπισε προβλήματα αυξανόμενου κόστους, κυκλοφοριακής συμφόρησης, ασφάλειας και ρύπανσης από την κοπριά των αλόγων. Αυτά δημιούργησαν ένα παράθυρο ευκαιρίας για τη χρήση του ηλεκτρικού τραμ στις αρχές της δεκαετίας του 1880 (εσωτερικό N1). Η ανάπτυξη του ηλεκτρικού τραμ, ήταν δυνατή λόγω του διαδεδομένου ενθουσιασμού της κοινωνίας για την ηλεκτρική ενέργεια. Οι εταιρείες ηλεκτρικού φωτός (εξωτερικό N2) το υποστήριζαν ενεργά καθώς είδαν μία επιπλέον αγορά. Ωστόσο, αυτός ο θύλακας αντιμετώπιζε προβλήματα μισθού και υλικού κόστους, ενώ το επίπεδο της εξυπηρέτησης χειροτέρευσε. Αυτό οδήγησε τελικά σε μείωση του αριθμού των επιβατών τη δεκαετία του 1930. Μια άλλη εναλλακτική λύση μεταφοράς εκείνη την εποχή ήταν το ποδήλατο (εσωτερικό N2). Τα ποδήλατα αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του 1830 και η δημοτικότητά τους κορυφώθηκε τη δεκαετία του 1890, ακολουθούμενη από κατάρρευση που οδήγησε τους παραγωγούς ποδηλάτων να στραφούν στα αυτοκίνητα.

Τα πρώιμα αυτοκίνητα χρησιμοποίησαν κινητήρες βενζίνης, ατμού ή ηλεκτρικούς κινητήρες (εξωτερικά N1, N2 και N3). Η προοπτική αυτών των εναλλακτικών διερευνήθηκε σε τέσσερις θύλακες: αστικές μεταφορές, βόλτες, αγώνες και ταξίδια (εσωτερικά N1–N4). Βενζινοκίνητα και ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα δοκιμάστηκαν στο θύλακα των ταξί. Ωστόσο, η εταιρεία των ηλεκτρικών ταξί χρεοκόπησε, ενώ δεν πρόλαβε να εμφανιστεί ένας κυρίαρχος σχεδιασμός κι έτσι δεν επιτεύχθηκαν οικονομίες κλίμακας και χαμηλότερο κόστος. Ο δεύτερος πολυτελής θύλακας ήταν για περίπατο στα πάρκα και οδήγηση σε πικνίκ. Στον τρίτο αγωνιστικό θύλακα, τα βενζινοκίνητα είχαν ένα πλεονέκτημα σε μεγάλες αποστάσεις, αφού τα ηλεκτρικά οχήματα έπρεπε να ξεπεράσουν τους περιορισμούς της διάρκειας της μπαταρίας και της χαμηλής αξιοπιστίας. Ο τέταρτος θύλακας της περιοδείας στην εξοχή, συνδέθηκε με τις πολιτιστικές αξίες της περιπέτειας και της τεχνικής ικανότητας. Τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα είχαν πλεονέκτημα, καθώς η βενζίνη ήταν διαθέσιμη σε γενικά καταστήματα σε όλη τη χώρα. Ο αριθμός των βενζινοκίνητων οχημάτων αυξήθηκε επίσης, καθώς η περιήγηση στην εξοχή έγινε δημοφιλής. Περαιτέρω

ανάπτυξη ήρθε όταν οι αγρότες χρησιμοποιούσαν βενζινοκίνητα αυτοκίνητα για την εμπορία των προϊόντων τους και να ξεπεράσουν την κοινωνική απομόνωση των αγροτικών κοινοτήτων.

Η ανάπτυξη βενζινοκίνητων αυτοκινήτων σταθεροποιήθηκε με κυρίαρχο σχεδιασμό τη μορφή του Model T. της Ford. Η μαζική παραγωγή του επέτρεψε περαιτέρω σταδιακές καινοτομίες προϊόντων και βελτιώσεις για τη μείωση της τιμής του, κάτι που επιτάχυνε περαιτέρω τη διάδοσή του. Μια σημαντική καινοτομία ήταν η ηλεκτρική ανάφλεξη με μπαταρίες που έκαναν την εκκίνηση αυτοκινήτων βενζίνης τόσο εύκολη όσο και σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Αντιθέτως, δεν υπήρχε κυρίαρχος σχεδιασμός στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ενώ το πρόβλημα των αδύναμων ηλεκτρικών κινητήρων και των βαρέων μπαταριών δεν επιλύθηκε. Ως εκ τούτου, οι οικονομίες κλίμακας και χαμηλότερο κόστος δεν πραγματοποιήθηκαν. Οι ατμομηχανές είχαν επίσης προβλήματα καθώς ήταν βαριές, δυσκίνητες, αργές στην εκκίνηση και επιρρεπείς σε εκρήξεις λέβητα, ενώ τεχνικές βελτιώσεις δεν μπόρεσαν να εξαλείψουν αυτά τα προβλήματα. Επιπλέον, η αντίσταση του κοινού και οι κανονισμοί αποδείχθηκαν ανυπέρβλητες γι' αυτές. Αυτό άφησε το βενζινοκίνητο αυτοκίνητο σε άμεσο ανταγωνισμό με το ηλεκτρικό τραμ. Ωστόσο, τα προβλήματα που αντιμετώπισε το τραμ, η κοινωνική και πολιτική αντίθεση και η αντίληψή του ως πιο αργό από το αυτοκίνητο, τελικά έστρεψε την ισορροπία υπέρ του βενζινοκίνητου αυτοκινήτου.

Αυτή η περίπτωση αντιστοιχεί στο μονοπάτι μετάβασης της παρεμβολής θύλακα, αφού θύλακες εξωτερικοί στο σύστημα αστικών μεταφορών σχηματίζονται γύρω από τεχνολογίες (ατμός, βενζίνη και ηλεκτρικές μπαταρίες και τεχνολογία κινητήρα) που χρησιμοποιήθηκαν στα αυτοκίνητα. Πρόσθετοι θύλακες ήταν τα ποδήλατα και τα ηλεκτρικά τραμ.

3.3 Η εμφάνιση λειτουργικών τροφίμων

Η αλλαγή του ατομικού τρόπου ζωής στον ανεπτυγμένο κόσμο και η δημογραφική αλλαγή, έχουν φέρει στην προσοχή δύο ζητήματα που σχετίζονται με την ατομική υγεία: υγιεινή διατροφή και κόστος υγειονομικής περίθαλψης. Η σημασία της διατροφής για την υγεία είχε ήδη γίνει γνωστή. Η συνειδητοποίηση αυτής της σχέσης είχε αυξηθεί με ζητήματα ποιότητας τροφίμων που έλαβαν ευρεία προσοχή από τα μέσα ενημέρωσης στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και άλλαξε τη στάση του κοινού απέναντι στη διατροφή, από αυτή της απλής αναγκαιότητας για τη διατήρηση φυσιολογικών λειτουργιών, σε αυτή με άμεση σχέση με την ατομική υγεία.

Το κόστος της δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης σχετίζεται με δημογραφικές εξελίξεις που απορρέουν από την αύξηση του μέσου προσδόκιμου ζωής και την αύξηση του πληθυσμού. Το αποτέλεσμα είναι οι ηλικιωμένοι να αποτελούν ένα συνεχώς αυξανόμενο ποσοστό του πληθυσμού στις ανεπτυγμένες χώρες. Αυτό αυξάνει τη ζήτηση για φαρμακευτικά προϊόντα και υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης και κατά συνέπεια το κόστος των εθνικών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Ένας από τους εύλογους τρόπους δράσης βραχυπρόθεσμα, είναι να ευαισθητοποιηθούν οι άνθρωποι, ώστε να είναι προληπτικοί για την υγεία τους τροποποιώντας ενεργά τις διατροφικές τους συνήθειες.

Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές της δεκαετίας του 2000, δημοσιευμένες περιπτώσεις κακής ποιότητας προϊόντων διατροφής, έκαναν την ποιότητα και την ασφάλεια των τροφίμων ένα μείζον ζήτημα και οδήγησαν τους καταναλωτές να διερευνήσουν εναλλακτικές λύσεις για τη διατροφή τους. Αυτές οι εξελίξεις μαζί με κυβερνητικές αναφορές που τόνισαν το ρόλο της διατροφής στην υγεία, ευαισθητοποίησαν την κοινή γνώμη ως προς την αξία μιας ισορροπημένης διατροφής και τη σύνδεση αυτής με ζητήματα υγείας. Οι καταναλωτές πείστηκαν ότι τα κατάλληλα θρεπτικά συστατικά συμβάλλουν άμεσα στην υγεία. Κατέστη σαφής η ανάγκη για διαφοροποίηση στη βιομηχανία τροφίμων κι έτσι πραγματοποιήθηκε η εμφάνιση λειτουργικών τροφίμων.

Αρκετές εξελίξεις επηρέασαν το φαρμακευτικό σύστημα. Πρώτον, η έναρξη της μοριακής βιολογίας και της γονιδιωματικής, εισήγαγαν ένα νέο παράδειγμα στην ανακάλυψη φαρμάκων από τη δεκαετία του 1970 και μετά, με βάση νέες τεχνικές ανασυνδυασμένου DNA και πρόοδο στη νανοτεχνολογία και την υπερυπολογιστική. Δεύτερον, το μερίδιο αγοράς των γενόσημων φαρμάκων αυξήθηκε από 22% το 1985 σε 67% το 2000. Τρίτον, η ανάπτυξη των φαρμάκων έγινε μακρύτερη και ο μέσος χρόνος και το μέσο κόστος των φάσεων κλινικής δοκιμής αυξήθηκαν μεταξύ 1970 και 1990. Η ανάγκη για αποταμίευση στη βιομηχανία προκάλεσε περαιτέρω ενδιαφέρον για γενόσημα φάρμακα. Τέταρτον, οι αυστηροί κανονισμοί είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγικότητας και το αυξημένο κόστος έρευνας και ανάπτυξης για φαρμακευτικά προϊόντα.

Υπάρχει κάποια αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των ακόλουθων αναγκών:

- (i) ικανοποίηση των διατροφικών αναγκών του πληθυσμού
- (ii) διατήρηση ή βελτίωση των ανθρώπινων φυσιολογικών λειτουργιών προκειμένου να μειωθεί η ζήτηση για φαρμακευτικά προϊόντα και υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης
- (iii) μείωση των ανταγωνιστικών εντάσεων στο φαρμακευτικό σύστημα

Η ανάπτυξη λειτουργικών τροφίμων είναι μια απάντηση στις παραπάνω ανάγκες και ενεργοποιήθηκε από τις εξελίξεις στις βιοεπιστήμες. Η τροποποίηση της χημικής σύνθεσης των τροφίμων, ώστε να έχουν πρόσθετες ιδιότητες σχετικές με την υγεία ξεκίνησε τη δεκαετία του 1950, όπου τα νέα προϊόντα εμπλουτίστηκαν με βιταμίνες και μεταλλικά στοιχεία. Αργότερα στη δεκαετία του 1970 και του 1980, τα προϊόντα περιείχαν χαμηλά λιπαρά και ζάχαρη και είχαν υψηλή περιεκτικότητα σε ίνες. Από τη δεκαετία του 1970 και μετά, οι βιοεπιστήμες, εισήγαγαν μία νέα οδό στην ανακάλυψη φαρμάκων. Αυτό έπαιξε ρόλο στην έναρξη των λειτουργικών τροφίμων που αρχικά κέρδισαν μερίδιο αγοράς στην Ιαπωνία κατά τη δεκαετία του 1980. Καθ' όλη τη δεκαετία του 1990 πολλά νέα προϊόντα εισήχθησαν στην παγκόσμια αγορά, με διαφορετική επιτυχία, ενώ η διάδοση των λειτουργικών τροφίμων συνεχίστηκε κατά τη δεκαετία του 2000.

Τόσο τα τρόφιμα (S1) όσο και τα φαρμακευτικά συστήματα (S2), συνέβαλαν στην εμφάνιση ενός νέου θύλακα (εξωτερική N3). Ο εξωτερικός θύλακας εμφανίστηκε επειδή οι φαρμακευτικές εταιρείες δεν είχαν εμπειρία στην αγορά τροφίμων, ούτε πρόσβαση σε δίκτυα διανομής τροφίμων. Λόγω αυτού απέτυχαν αρχικά να δημιουργήσουν μια νέα αγορά. Η διανομή λειτουργικών τροφίμων μέσω φαρμακείων δημιούργησε μια δυσμενή αντίληψη του καταναλωτή για το προϊόν, καθώς το να πηγαίνει κάποιος σε φαρμακείο για να αγοράσει προϊόντα με θρεπτικά συστατικά, ήταν παράδοξο. Αναπόφευκτα αυτή η δυνατή εξάρτηση του μονοπατιού

από την αγορά τροφίμων αποδείχθηκε υπερβολικά δύσκολη για να ξεπεραστεί από τις φαρμακευτικές εταιρείες, καθώς δεν διέθεταν την ικανότητα για την εξασφάλιση λιανικής διανομής για τα προϊόντα τους. Κατά συνέπεια, οι δυνατότητες αγοράς και διανομής παρέχονται από τις εταιρείες του συστήματος τροφίμων. Ομοίως, το σύστημα τροφίμων που απαιτούνταν, με τη σειρά του επωφελήθηκε από τη βασική ικανότητα των φαρμακευτικών προϊόντων στην τεκμηρίωση συγκεκριμένων ισχυρισμών υγείας των προϊόντων μέσω κλινικών δοκιμών καθώς και της υποδομής τους σε έρευνα και ανάπτυξη. Έτσι, η εμφάνιση του συστήματος των λειτουργικών τροφών ήρθε μέσω αυτής της αμφίδρομης μεταφοράς ικανότητας όπου κάθε υπάρχον σύστημα λειτούργησε ως απαραίτητο για την ανάπτυξη του λειτουργικού θύλακα τροφίμων.

Η αποδοχή μιας νέας κατηγορίας προϊόντων όπως τα λειτουργικά τρόφιμα, εξαρτάται από την αντίληψη του καταναλωτή για τα οφέλη και τους κινδύνους. Σε αυτή περιλαμβάνονται η ασφάλεια της παραγωγικής διαδικασίας, η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, καθώς και ο κίνδυνος για την υγεία που το προϊόν ισχυρίζεται πως μειώνει. Ο κανονισμός για την παροχή αξιόπιστων πληροφοριών και αποδείξεων για τα οφέλη των λειτουργικών τροφίμων είναι επίσης απαραίτητος, επειδή δεν υπάρχει τρόπος να γίνουν άμεσα αντιληπτά τα οφέλη τους. Έτσι, η υιοθέτησή τους εξαρτάται από την εμπιστοσύνη των καταναλωτών σε αυτές τις πληροφορίες. Ένας άλλος παράγοντας, λόγω της καινοτομίας τους, είναι η ποικιλία των ορισμών και των εθνικών κανονιστικών πλαισίων που συγκρατούν την ευρύτερη διάδοση των λειτουργικών τροφίμων. Η έλλειψη σταθερού ομοιόμορφου ρυθμιστικού πλαισίου δηλώνει ότι το σύστημα εξακολουθεί να είναι σε επίπεδο θύλακα. Περαιτέρω ανάπτυξη θα προέλθει όταν αυτό ξεπεραστεί και γίνει ευρέως διαδεδομένη η διάδοση πληροφοριών. Ωστόσο, η παροχή πληροφοριών μόνο για τα οφέλη ενός συγκεκριμένου προϊόντος είναι αναποτελεσματική στην παραγωγή διαιτητικών αλλαγών. Το αυξανόμενο ποσοστό επίπτωσης της παχυσαρκίας στη Βόρεια Αμερική, την Ευρώπη και αλλού, παρέχουν αποδείξεις για αυτό. Ως εκ τούτου, η διάδοση των λειτουργικών τροφίμων πηγαίνει πέρα από την παροχή πληροφοριών και την κατοχή ενός ευρέος συνόλου δεξιοτήτων και πόρων από την πλευρά των εταιρειών που επιχειρούν να εισέλθουν στην αγορά. Απαιτεί επίσης ταυτόχρονη αλλαγή της συμπεριφοράς των καταναλωτών.

Αυτή η περίπτωση αντιστοιχεί στην ανάδυση ενός νέου μονοπατιού μετάβασης συστήματος. Ο αντίστοιχος τύπος αλληλεπίδραση του συστήματος είναι η εμφάνιση ενός νέου θύλακα, καθώς αυτός των λειτουργικών τροφίμων είναι εξωτερικός στα συστήματα φαρμακευτικής (S2) και τροφίμων (S1).

4. Μελέτη περίπτωσης: από αεροσκάφη με έλικα σε αυτά με στροβιλοκινητήρα στα συστήματα αεροπορίας (1930-1970)

Ο στόχος αυτής της μελέτης περίπτωσης είναι να δώσει μία εμπειρική απεικόνιση του MLP, τονίζοντας τη συν-εξελικτική δυναμική σε διαφορετικά επίπεδα και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών. Ως εκ τούτου, η μελέτη περίπτωσης βασίζεται σε πηγές, συγκεντρώνοντας δεδομένα για ένα ευρύ φάσμα θεμάτων. Δεν περιγράφει

μόνο αεροσκάφη και τεχνολογία κινητήρα, αλλά κοιτάζει ευρύτερα σε άλλες πτυχές του κοινωνικοτεχνικού συστήματος αεροπορίας, όπως αεροδρόμια, διαδρόμους, συστήματα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (ATC), κανονισμούς, πολιτιστικές έννοιες, αγορές και ομάδες χρηστών, την επιστήμη της αεροδυναμικής. Η αεροπορία αποτελείται από δύο ξεχωριστούς τομείς: τη στρατιωτική και την πολιτική αεροπορία. Τέσσερις υποενότητες περιγράφουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ θυλάκων, καθεστώτων και τοπίου σε τέσσερις αντίστοιχες χρονικές περιόδους:

- (α) 1930-1940: εμφάνιση κινητήρων τύπου jet στον στρατιωτικό τομέα
- (β) 1940-1950: περαιτέρω ανάπτυξη και εφαρμογή των jet κινητήρων στον στρατιωτικό τομέα
- (γ) 1950-1960: διστακτική εισαγωγή των κινητήρων τύπου jet στην πολιτική αεροπορία
- (δ) 1960-1970: διάδοση των αεροπλάνων με στροβιλοκινητήρα και ευρύτερες αλλαγές στην πολιτική αεροπορία

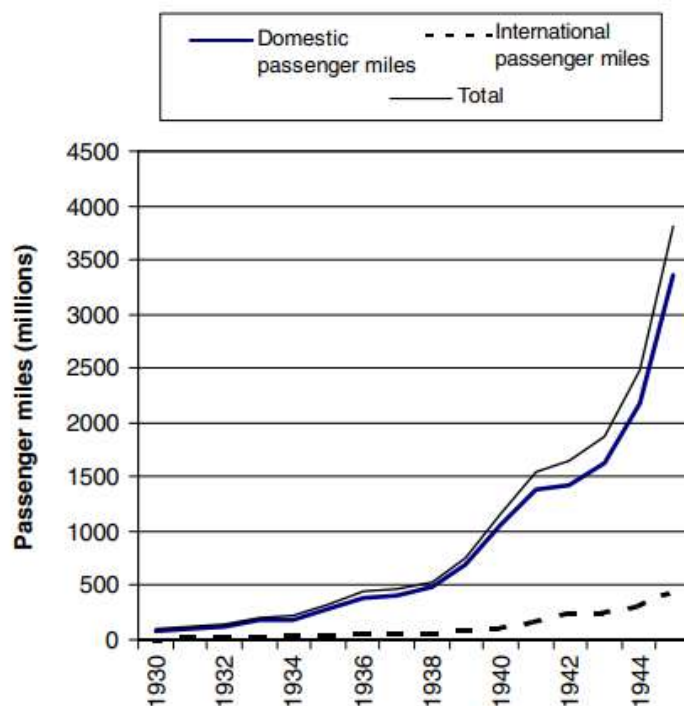
4.1 Σταθεροποίηση καθεστώτων αεροσκαφών και εμφάνιση αεριωθούμενων αεροσκαφών (1930-1940)

Τη δεκαετία του 1930, ένα ευρύ φάσμα καινοτομικών συστατικών σταθεροποιήθηκε ως ένας κυρίαρχος σχεδιασμός αεροσκαφών, το DC-3. Αυτό συνοδεύτηκε από τη δημιουργία ενός κοινωνικοτεχνικού συστήματος, π.χ. συγκεκριμένοι διάδρομοι, ραδιοπλοήγηση και ATC, επίσημοι κανονισμοί και αγορές. Οι φορείς του καθεστώτος είχαν ισχυρή πίστη και σαφείς ιδέες για την κατεύθυνση των μελλοντικών εξελίξεων. Όταν ακαδημαϊκοί ανέπτυξαν ιδέες για κινητήρες τύπου jet στις αρχές της δεκαετίας του 1930, υπήρχε ελάχιστο ενδιαφέρον για αυτό το εγχείρημα από τους φορείς του καθεστώτος. Αυτό άλλαξε καθώς η απειλή του πολέμου έγινε ορατή, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός μικρού θύλακα για την ανάπτυξη του κινητήρα τύπου jet.

4.1.1 Καθεστώς πολιτικής αεροπορίας: σταθεροποίηση γύρω από το DC-3 ως κυρίαρχο σχεδιασμό

Τη δεκαετία του 1930 η εμπορική αεροπορία αναπτύχθηκε ραγδαία, ειδικά στην Αμερική (Σχήμα 13). Οι αεροπορικές εταιρείες ως εκ τούτου, χρειάστηκαν ασφαλέστερα, ταχύτερα και αποδοτικότερα αεροσκάφη, ικανά να καλύψουν μεγαλύτερες αποστάσεις. Έτσι αναπτύχθηκαν νέα αεροσκάφη ενσωματώνοντας συστατικές καινοτομίες που είχαν προκύψει τα προηγούμενα χρόνια, π.χ. μεταλλική κατασκευή, αεροπλάνο ενός πτερυγίου, πτυσσόμενος μηχανισμός προσγείωσης, πτερύγια αέρα Fowler και υποδοχές αιχμής, καινοτομίες σε όργανα πλοήγησης, σημαντική αύξηση της απόδοσης των κινητήρων εμβόλου, που προέκυψαν από βελτιώσεις σχεδιασμού στο μπλοκ των κυλίνδρων, στα έμβολα, στις βαλβίδες εσωτερικής ψύξης, από καινοτομίες καυσίμων, τις αντλίες καυσίμου, τα μονωτικά, τα λιπαντικά και τα χειριστήρια. Η συσσώρευση αυτών των αλλαγών στο σχεδιασμό οδήγησαν σε ισχυρές βελτιώσεις στην απόδοση και στον εξορθολογισμό, στη λεγόμενη «επανάσταση του αεροσκάφους». Αξιοσημείωτα νέα αεροπλάνο ήταν το

Boeing 247 και τα εμπορικά αεροσκάφη της Ντάγκλας (DC-1, DC-2 και DC-3). Το DC-3, το οποίο μπορούσε να φιλοξενήσει 21 επιβάτες, με ταχύτητες 160–190 μίλια/ώρα, είχε εύρος κίνησης τα 1000 με 1500 μίλια. Εισήχθη το 1936, αποτέλεσε τον κυρίαρχο σχεδιασμό της πολιτικής αεροπορίας και με το ξέσπασμα του Β 'Παγκοσμίου Πολέμου, το 80% των αεροσκαφών των ΗΠΑ ήταν DC-3.



Σχήμα 13: Η αμερικανική πολιτική αεροπορία

Με το DC-3, το αμερικανικό δίκτυο υπηρεσίας επιβατών επεκτάθηκε, όμως οι επιβάτες παραπονέθηκαν για το θόρυβο, τους κραδασμούς, τις αναταράξεις και την αδιαθεσία. Έτσι οι κατασκευαστές αεροσκαφών σχεδίασαν νέα τετρακίνητα αεροσκάφη στα τέλη της δεκαετίας του 1930, μεγιστοποιώντας την αποτελεσματικότητα των υπάρχοντων τεχνικών τους.

Το DC-3 πυροδότησε περαιτέρω καινοτομίες στο κοινωνικοτεχνικό σύστημα. Επειδή το αεροσκάφος ήταν βαρύτερο, αυξήθηκε και η πίεση των τροχών στην επιφάνεια του διαδρόμου. Σε απάντηση, τα αεροδρόμια άλλαζαν όλο και περισσότερο από λιβάδια σε διαδρόμους από τσιμέντο. Αυτό αύξησε την ανάγκη για ακρίβεια προσγείωσης, καθώς οι πιλότοι έπρεπε να προσγειωθούν ακριβώς στο διάδρομο, ενώ προηγουμένως θα μπορούσαν να προσγειωθούν σε ένα ολόκληρο λιβάδι. Ως εκ τούτου, αναπτύχθηκε νέο σύστημα πλοήγησης, χρησιμοποιώντας ραδιο-τεχνολογία. Τα αεροσκάφη που πλησίαζαν λάμβαναν ραδιοσήματα από ραδιοφάρους γύρω από το αεροδρόμιο, βοηθώντας τον πιλότο να καθορίσει τη σωστή διαδρομή πτήσης.

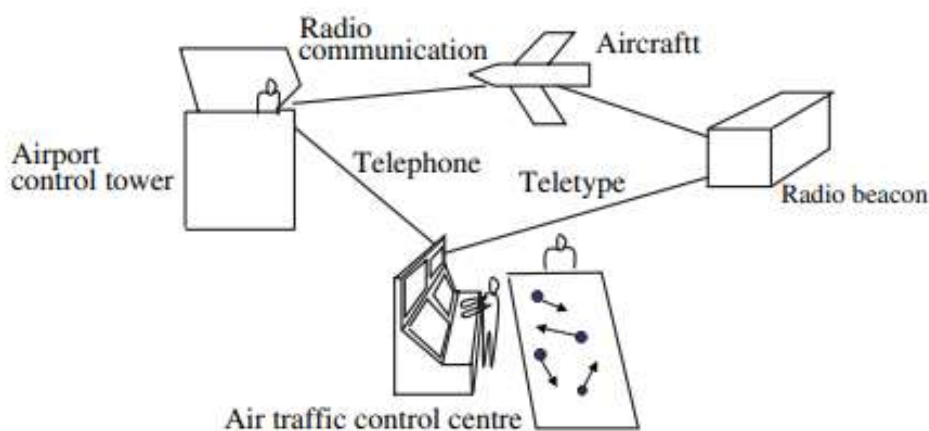
Μια μεγάλη συντριβή το 1935 παρείχε το κίνητρο για ανίχνευση του ουρανού και τη δημιουργία ενός ATC (air traffic controller) για την παρακολούθηση των αεροδιαδρόμων και των επερχόμενων αεροσκαφών. Αυτό το πρώιμο σύστημα ATC λειτουργούσε χειροκίνητα. Ο ελεγκτής εναέριας κυκλοφορίας έπρεπε να παρακολουθεί τις πτήσεις σε ακτίνα 50 μιλίων από το αεροδρόμιο, χρησιμοποιώντας

μαυροπίνακα, επιτραπέζιο χάρτη τοπικών αεροδιαδρόμων, τηλέφωνο και τηλέτυπο (Σχήμα 14). Σε χάρτη πτήσεων οι πορείες των διάφορων αεροσκαφών απεικονίζονταν με μικρά «παιχνίδια». Τα αεροσκάφη εξέπεμπαν σήματα σε ραδιοφάρους στο έδαφος. Με τρεις σταθμούς ήταν δυνατή η χρήση των χρονικών διαφορών ανάμεσα στη λήψη του κάθε σήματος για τον υπολογισμό της θέσης του αεροσκάφους. Το κέντρο ATC ενημέρωνε τον πύργο ελέγχου για τις πορείες των αεροσκαφών, ο οποίος κατεύθυνε τους πιλότους μέσω ραδιοφώνου.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1930 σημειώθηκε επίσης μια γενική ενίσχυση των επίσημων κανόνων και κανονισμών. Η έννοια του «ελεγχόμενου εναέριου χώρου» αναπτύχθηκε το 1936, συγκεκριμενοποιώντας τους αεροδιαδρόμους. Η διάταξη Civil Aeronautics Act (1938) παρείχε περαιτέρω κωδικοποίηση και δημιουργήσε την Αρχή Πολιτικής Αεροπορίας (CAA) με την ικανότητα να ρυθμίζει τα τιμολόγια των αεροπορικών εταιρειών, τις τιμές αεροπορικής αποστολής και τις εναέριες διαδρομές. Οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας είχαν περισσότερες αρμοδιότητες για δεσμευτικές οδηγίες στους διαδρόμους προσγείωσης. Οι πιλότοι άρχισαν να αρχειοθετούν τα σχέδια πτήσης, τα οποία είχαν αναθεωρήσει πριν από την απογείωση για την αποτροπή μιας πιθανής σύγκρουσης.

Αναφορικά με το αεροσκάφος κινητήρα-έλικα υπήρχαν δύο σχετικά μικρά προβλήματα. Το πρώτο ήταν το πρόβλημα του μεγάλου υψόμετρου. Επειδή ο αέρας γίνεται όλο και πιο αραιός σε μεγαλύτερα ύψη, οι έλικες είχαν λιγότερη πρόσφυση και οι κινητήρες υπέφεραν από έλλειψη οξυγόνου, μειώνοντας την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας καύσης. Το δεύτερο ήταν το πρόβλημα υψηλής ταχύτητας. Όταν η ταχύτητα των άκρων των ελίκων πλησίαζαν το φράγμα ήχου, δημιουργούνταν μια συμπιεστή μάζα αέρα που αύξανε σημαντικά την αντίσταση και μείωνε την ταχύτητα.

Υπήρχαν ισχυρές πεποιθήσεις στο καθεστώς των αεροπορίας ότι και τα δύο προβλήματα θα μπορούσαν να λυθούν με σταδιακές καινοτομίες. Μια λύση ήταν η ανάπτυξη ελίκων μεταβλητής κλίσης, καθιστώντας δυνατή την προσαρμογή του έλικα σε διαφορετικές ταχύτητες, υψόμετρα και φορτία. Η απάντηση στο πρόβλημα του υψόμετρου του κινητήρα ήταν η υιοθέτηση υπερσυμπιεστών. Συμπιέζοντας τον αέρα στα μεγάλα υψόμετρα, η ισχύς του κινητήρα του εμβόλου θα μπορούσε να διατηρηθεί.



Σχήμα 14: Σύστημα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας πρώτης γενιάς

4.1.2. Στρατιωτικό αεροπορικό καθεστώς: πολεμικές προετοιμασίες και Στρατηγικές Έρευνας & Ανάπτυξης

Στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1930, μια σημαντική αλλαγή τοπίου, η προσέγγιση του πολέμου, οδήγησε σε προγράμματα εξοπλισμού τη Γερμανία και τη Βρετανία. Ο Χίτλερ γρήγορα συγκέντρωσε μια αεροπορία με έμφαση σε τακτικά βομβαρδιστικά και μαχητικά αεροσκάφη, ενώ ενδιαφέρθηκε επίσης για νέα συστήματα πρόωσης, όπως οι στροβιλοκινητήρες και οι κινητήρες ελικοστροβίλου. Ο βρετανικός οπλισμός επικεντρώθηκε σε αμυντικά μαχητικά και βομβαρδιστικά αεροσκάφη. Η Βρετανία ανέπτυξε δύο νέα μαχητικά: το Hurricane και το Spitfire (με ταχύτητες περίπου 565km/h). Τα προγράμματα Έρευνας & Ανάπτυξης στήθηκαν γύρω από τρία πεδία: ραντάρ, μαχητικά και αεροκινητήρες. Με το ξέσπασμα του πολέμου ένα δίκτυο ραδιοφωνικών σταθμών κατά μήκος της βρετανικής ακτής ήταν έτοιμο. Πριν από το ραντάρ, η αναχίτηση των βομβαρδιστικών στηρίζονταν σε «μόνιμες περιπολίες» μαχητικών αεροσκαφών, που ήδη ήταν στον αέρα, κάτι το οποίο δεν ήταν καθόλου συμφέρον από άποψη καυσίμων. Ως εκ τούτου, η χαμηλή κατανάλωση καυσίμου ήταν πρωταρχικό μέλημα στην ανάπτυξη των αεροκινητήρων. Η τεχνολογία ραντάρ οδήγησε σε μια αλλαγή της τακτικής άμυνας. Τα μαχητικά θα μπορούσαν να παραμένουν στο έδαφος μέχρι να εντοπιστούν οι εχθροί στο ραντάρ. Τα μαχητικά έπρεπε τότε να ανέβουν γρήγορα σε μεγάλο υψόμετρο από το οποίο να παρακολουθούν τα αεροσκάφη που πλησίαζαν. Ως εκ τούτου, η κατευθυντήρια αρχή μετατοπίστηκε από την απόδοση καυσίμου στον κινητήρα, στην ικανότητα του κινητήρα να δώσει καλές ταχύτητες ανόδου.

4.1.3. Εξελίξεις σε θύλακες: Κατασκευάζοντας τον κινητήρα τύπου jet

Μια εναλλακτική λύση για τα προβλήματα μεγάλου υψομέτρου και υψηλής ταχύτητας ήταν ο ελικοστρόβιλος, χρησιμοποιώντας την περιστροφική ισχύ ενός αεριοστροβίλου για την περιστροφή ενός άξονα που τροφοδοτούσε έναν έλικα. Ο ελικοστρόβιλος μελετήθηκε εκτενώς, από τον Δρ. Griffith στο Ινστιτούτο British Royal Aircraft. Το 1929 ο Griffith περιέγραψε το περίγραμμα ενός κινητήρα ελικοστροβίλου σε μια ερευνητική έκθεση για τους προϊσταμένους του. Αλλά δεν υπήρχαν χρήματα για ένα ακριβό έργο ανάπτυξης και δοκιμών και το έργο παραγκωνίστηκε.

Οι ιδέες για στροβιλοκινητήρες προέκυψαν από το έργο των Frank Whittle στη Βρετανία και των Hans von Ohain και Herbert Wagner στη Γερμανία. Αυτοί οι άντρες ήταν εξωτερικοί στο αεροπορικό καθεστώς, νέοι και με ακαδημαϊκό υπόβαθρο στην αεροδυναμική επιστήμη. Υποθέτοντας ότι οι βελτιώσεις θα συνεχίζονταν, υποστήριξαν πως οι σχεδόν ηχητικές ταχύτητες θα καταστούν δυνατές στο μέλλον. Θεωρίες και πειράματα με υπερηχητική ροή αέρα κατέδειξαν ότι η αναταραχή εμφανιζόταν σε υψηλές ταχύτητες, με μια φούσκα αέρα γύρω από τα άκρα του έλικα με αποτέλεσμα αυξημένη αντίσταση. Αυτό σήμαινε πως οι έλικες θα σχημάτιζαν ένα μελλοντικό εμπόδιο για την επίτευξη ηχητικών ταχυτήτων. Ως εκ τούτου, έψαχναν για διαφορετικά συστήματα πρόωσης. Η καινοτόμα αντίληψή τους ήταν να δουν από διαφορετική σκοπιά το πρόβλημα, εστιάζοντας όχι στην περιστροφική ισχύ του κινητήρα, αλλά στην ώση των καυσαερίων, η οποία θα μπορούσε να παράσχει επαρκή πρόωση για την τροφοδοσία του αεροσκάφους.

Για να αναπτύξουν, να δοκιμάσουν και να πραγματοποιήσουν τις ιδέες τους, οι πρωτοπόροι του στροβιλοκινητήρα αντιμετώπισαν την πρόκληση του να οικοδομήσουν ένα κοινωνικοτεχνικό δίκτυο. Έπρεπε να ευθυγραμμίσουν και να συν-κατασκευάσουν διαφορετικά στοιχεία, όπως χορηγούς και χρηματοδότηση, τεχνικές διευκολύνσεις, τεχνικές δεξιότητες και θεωρητικές γνώσεις. Να συμβουλευτούν τομείς όπως οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής (Υπουργείο Αεροπορίας), οι επιχειρήσεις (κατασκευαστές αεροσκαφών), οι νόμοι (διπλώματα ευρεσιτεχνίας) και η επιστήμη (για περαιτέρω ανάπτυξη των ιδεών τους). Αλλά αρχικά δυσκολεύτηκαν να κάνουν την αεροναυτική κοινότητα να ενδιαφερθεί. Οι φορείς του καθεστώτος δεν ενδιαφέρονταν για εναλλακτικούς κινητήρες, γιατί η πρόοδος στην απόδοση των εμβολοφόρων κινητήρων και στους έλικες ήταν ισχυρή και υπήρξε η πίστη ότι αυτό θα συνεχιστεί.

Ο Whittle ήταν ο πρώτος που ανέπτυξε την ιδέα για κινητήρες τύπου jet, αποκτώντας δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1930, χωρίς όμως να προσελκύσει το κατάλληλο ενδιαφέρον. Το 1935, Ο Whittle και δύο φίλοι του δημιούργησαν μια μικρή εταιρεία για να αναπτύξουν τον κινητήρα οι ίδιοι. Παράλληλα στο Πανεπιστήμιο του Γκότινγκεν, ο Von Ohain υπολόγισε ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου του στροβιλοκινητήρα, θα μπορούσε να αντισταθμιστεί από το μικρότερο βάρος σε σύγκριση με ένα κινητήρα εμβόλου και έλικα. Σκέφτηκε ότι η υψηλή αναλογία ώσης/βάρους του κινητήρα θα τον καθιστούσε κατάλληλο για μαχητικά αεροσκάφη. Το 1934, δημιούργησε μια μικρή έκθεση του κινητήρα με δικά του έξοδα, χωρίς όμως αποτέλεσμα. Στο Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Βερολίνου, ο Wagner κατέληξε το 1937 ότι, χωρίς έλικα, ο αεριοστρόβιλος θα μπορούσε να οδηγήσει σε έναν ελαφρύ κινητήρα, με αποδεκτή απόδοση σε υψηλές ταχύτητες και υψόμετρα κι έτσι αναζήτησε εξωτερική υποστήριξη για να αναπτύξει την ιδέα.

Μια σημαντική αλλαγή τοπίου, η προσέγγιση του πολέμου, δημιούργησε ένα παράθυρο ευκαιρίας για τους πρωτοπόρους του κινητήρα τύπου jet. Η επέκταση των στρατιωτικών προϋπολογισμών για Έρευνα & Ανάπτυξη δημιούργησε περισσότερους πόρους και ενδιαφέρον για καινοτόμα έργα ιδέες. Ο Whittle, ο Von Ohain και ο Wagner ήταν σε θέση να οικοδομήσουν ένα δίκτυο υποστήριξης για την περαιτέρω ανάπτυξη των ιδεών τους. Το Συμβούλιο Αεροναυτικών Ερευνών (ARC) έδωσε στην εταιρεία Whittle μια μικρή σύμβαση το 1937 για ανάπτυξη και δοκιμή των ιδεών της για κινητήρες τύπου jet. Το 1938 ο κινητήρας Whittle έφτασε τα 13.000 rpm, με ώση 480 lb. Αυτό απέδειξε την τεχνική του δυνατότητα. Το Υπουργείο Αεροπορίας χρηματοδότησε ένα νέο έργο, και στα μέσα του 1939 το Υπουργείο Αεροπορίας πείστηκε για τις δυνατότητες του αεροσκάφους. Η κυβέρνηση αύξησε τη χρηματοδότηση για Έρευνα & Ανάπτυξη για τον κινητήρα τύπου jet, που οδήγησε σε πολλαπλασιασμό των έργων στροβιλοκινητήρα. Η κυβέρνηση παράκαμψε τον Whittle και έδωσε τα περισσότερα αναπτυξιακά έργα σε υπάρχουσες εταιρείες αεροκινητήρα (π.χ. Metropolitan-Vickers, De Havilland, Rolls Royce). Στη Γερμανία ο Wagner συνεργάστηκε με την Junkers και ένας κινητήρας δοκιμάστηκε το 1938. Ο Von Ohain συνεργάστηκε με την Heinkel Aircraft το 1936, και ένα πρωτότυπο το 1937, έδωσε ώθηση 551lb. Το 1939, μια βελτιωμένη έκδοση παρήγαγε μια στατική ώθηση 992lb, και η Heinkel επέτρεψε την κατασκευή αεροσκάφους. Τα πρώτα αεροσκάφη του κόσμου πέταξαν στις 27 Αυγούστου 1939, φτάνοντας σε μια ταχύτητα 450km/h. Αν και ο θάλαμος συμπίεσης του κινητήρα υπερθερμάνθηκε, η πρακτικότητα της πτήσης με κινητήρα τύπου jet αποδείχθηκε. Το γερμανικό

Υπουργείο Αεροπορίας αύξησε τους πόρους για αναπτυξιακά έργα, με τη συμμετοχή μεγάλων γερμανικών κατασκευαστών κινητήρων (Daimler-Benz, Junkers Motors, BMW και Bramo).

Εν ολίγοις, στα τέλη της δεκαετίας του 1930 οι πρωτοποριακές ιδέες για τους κινητήρες τύπου jet είχαν μετατραπεί σε τεχνολογικό θύλακα. Υπήρχε ένα δίκτυο φορέων που ήταν πρόθυμοι να επενδύσουν χρόνο, χρήματα και προσωπικό στην ανάπτυξη κινητήρων τύπου jet. Ενώ η τεχνική σκοπιμότητα των κινητήρων αποδείχθηκε, πολλά προβλήματα έπρεπε ακόμη να λυθούν. Ερευνητές και μηχανικοί περιηγήθηκαν σε άγνωστες περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες, υψηλές ταχύτητες ροής αέρα, υπερηχητική αεροδυναμική και υψηλό εφελκυσμό του υλικού λόγω πιέσεων. Ο σχεδιασμός ήταν μια «σκοτεινή τέχνη», στην οποία οι σχεδιαστές χρησιμοποιούσαν ακατέργαστους εμπειρικούς τύπους και πίνακες. Όσον αφορά την καύση, το σχέδιο επικεντρώθηκε στο σχήμα του θάλαμου συμπίεσης, στην έγχυση του καυσίμου, στην ανάμιξη αέρα και καυσίμου και στον έλεγχο της καύσης. Οι υψηλές θερμοκρασίες συχνά έκαναν τα υλικά εύθραυστα. Ζητήθηκαν υλικές καινοτομίες, που οδήγησαν σε πειράματα με διαφορετικά μεταλλικά κράματα. Οι λεπίδες του στροβίλου δημιούργησαν επίσης προκλήσεις σχεδιασμού, για παράδειγμα με το σχήμα τους (έπρεπε να απορροφούν ενέργεια από το καυσαέριο, αλλά όχι πάρα πολλή). Οι λεπίδες έπρεπε επίσης να είναι αρκετά ισχυρές για να αντέχουν τα ωστικά κύματα όταν η ταχύτητα του αερίου έφτανε την ταχύτητα του ήχου. Θα έπρεπε επίσης να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και υψηλή φυγόκεντρο καταπόνηση από την περιστροφή υψηλής ταχύτητας. Όσον αφορά τους συμπιεστές, υπήρχαν δύο βασικές επιλογές σχεδίασης: φυγόκεντρικός συμπιεστής ροής και συμπιεστής αξονικής ροής. Και οι δύο τύποι είχαν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Παρόλο που ο συμπιεστής αξονικής ροής ήταν ευκολότερος στο βασικό σχεδιασμό, ήταν δύσκολο να κατασκευαστεί με τα υλικά και τις τεχνικές στα τέλη της δεκαετίας του 1930. Οι συμπιεστές αξονικής ροής ήταν επιρρεπείς σε αστοχία, λόγω προβλημάτων δόνησης των ακτινικών λεπίδων. Οι πρωτοπόροι του στροβιλοκινητήρα όπως οι Whittle και Von Ohain επέλεξαν τον φυγόκεντρο τύπο, ο οποίος ήταν φθηνότερος, περισσότερο στιβαρός και με πιο προβλέψιμη συμπεριφορά.

4.2. Εισχώρηση των στροβιλοκινητήρων στον στρατιωτικό τομέα και επέκταση της πολιτικής αεροπορίας (1940-1950)

4.2.1 Στο στρατιωτικό αεροπορικό καθεστώς

Στις αρχές του πολέμου η Βρετανία επένδυσε ουσιαστικά σε έργα στροβιλοκινητήρα. Αργότερα στον πόλεμο οι συμμαχικές δυνάμεις απέκτησαν την αεροπορική υπεροχή και μετέφεραν τη μάχη του αέρα στη Γερμανία, χρησιμοποιώντας βομβαρδιστικά για να επιτεθούν σε στρατιωτικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Τότε η Βρετανία χρειαζόταν βομβαρδιστικά, ενώ η Γερμανία μαχητικά για αναχαίτηση. Ως εκ τούτου, η Βρετανία περιόρισε την επένδυση σε στροβιλοκινητήρες, ενώ η Γερμανία αντίθετα την αύξησε. Κατά τη διάρκεια του πολέμου, η παραγωγή αεροσκαφών αυξήθηκε κατακόρυφα, ειδικά από τις

συμμαχικές δυνάμεις. Η συμφωνία Lyttleton του 1942 δήλωνε πως η Βρετανία θα επικεντρωθεί σε πολεμικά αεροπλάνα, συγκεκριμένα βομβαρδιστικά και μαχητικά, ενώ η Αμερική θα ήταν υπεύθυνη για βαριά βομβαρδιστικά και μεταφορικά αεροσκάφη. Ο αμερικανικός στρατός χρηματοδότησε την ανάπτυξη προπολεμικών σχεδίων τετρακίνητων αεροσκαφών για στρατιωτικές χρήσεις.

4.2.2. Η ανακάλυψη των κινητήρων τύπου jet στο θύλακα των μαχητικών αναχαίτισης

Οι πρώτοι κινητήρες τύπου jet παρήγαγαν πολύ ώθηση, αλλά είχαν υψηλή κατανάλωση καυσίμου, περιορίζοντας το εύρος τους. Ως εκ τούτου, ένας κατάλληλος θύλακας για τον κινητήρα ήταν τα μαχητικά αεροσκάφη. Για να αυξηθεί η ώθηση, η θερμοκρασία καύσης αυξήθηκε, κάτι που απαιτούσε ισχυρότερα και ανθεκτικότερα σε υψηλές θερμοκρασίες υλικά. Αναπτύχθηκαν κράματα νικελίου-χρωμίου για ενίσχυση του θαλάμου καύσης και τα πτερύγια της τουρμπίνας. Μέχρι το τέλος του πολέμου, οι κινητήρες τύπου jet παρήγαγαν ώθηση μεταξύ 2000–4000 lb.

Κατά τη διάρκεια του πολέμου, οι Γερμανοί μηχανικοί εστίαζαν όλο και περισσότερο σε κινητήρες αξονικής ροής, επειδή είχαν μικρότερη μετωπική επιφάνεια και θα μπορούσαν να τοποθετηθούν πιο εύκολα κάτω από τα φτερά του αεροσκάφους. Οι μηχανικοί του Messerschmitt ανέπτυξαν ένα επαναστατικό νέο πλαίσιο αεροσκάφους με φτερά προς τα πίσω, επιτρέποντας στο αεροσκάφος να ξεπεράσει τα ωστικά κύματα και να φτάσει σε πολύ υψηλές ταχύτητες, το Me-262. Πέταξε για πρώτη φορά τον Ιούλιο του 1942, ξεπερνώντας όλα τα άλλα μαχητικά, με μέγιστη ταχύτητα περίπου 844 km/h. Μόνο 1400 αεροσκάφη Me-262 παρήχθησαν, αλλά η απόδοσή τους εντυπωσίασε την αεροπορική κοινότητα. Στη Βρετανία, η πρώτη δοκιμαστική πτήση με αεροσκάφος jet πραγματοποιήθηκε τον Μάιο 1941, με μέγιστη ταχύτητα 480 km/h. Αλλά με την πάροδο του πολέμου, οι βρετανικές τακτικές αεροπορίας μετατοπίστηκαν από τα αναχαιτιστικά στα βομβαρδιστικά. Αμερικανοί μηχανικοί επίσης ανέπτυξαν κινητήρες τύπου jet, αφού απέκτησαν γνώσεις του στροβιλοκινητήρα, ως μέρος μιας συμφωνίας ανταλλαγής γνώσεων με τη Βρετανία το 1941. Η General Electric έγινε μία από τους κορυφαίους κατασκευαστές κινητήρων τύπου jet μέχρι το τέλος του πολέμου, ενώ παραδοσιακοί αμερικανικοί κατασκευαστές αεροκινητήρων (Pratt & Whitney, Wright Aeronautical) αποκλείστηκαν σκόπιμα από την ανάπτυξη στροβιλοκινητήρων. Στα μεταπολεμικά χρόνια, η Pratt & Whitney κατάφερε να κάνει τη μετάβαση σε κινητήρες τύπου jet. Αν και η Αμερική δεν παρήγαγε μαχητικά, ανέπτυξε μερικούς από τους πιο ισχυρούς κινητήρες τύπου jet μέχρι το τέλος του πολέμου.

Η Βρετανία, με την κατακερματισμένη οικονομία και με περιορισμένα αποθεματικά, έβαλε την ανάπτυξη των μαχητικών σε δεύτερη μοίρα και εστίασε σε εμπορικά εγχειρήματα όπως τα πολιτικά αεροσκάφη. Η Αμερική, πεπεισμένη για τη σημασία της αεροπορίας, ανέπτυξε το μαχητικό F-86 Sabre το 1947 (με μέγιστη ταχύτητα 1225 km/h). Αν και η αμερικάνικη παραγωγή μαχητικών ήταν μέτρια πριν από το 1950, έδωσε έμφαση ανάπτυξη των μαχητικών και των κινητήρων τύπου jet, ξεπερνώντας σταδιακά την πρωτοπόρο Βρετανία στον συγκεκριμένο τομέα. Η Αμερική έτεινε όλο και περισσότερο προς τον αξονικό στροβιλοκινητήρα, ο οποίος είχε μικρότερη μετωπική επιφάνεια, ήταν πιο συμπαγής, αλλά και περισσότερο

περίπλοκος. Καθώς τα προβλήματα στον αξονικό κινητήρα τύπου jet επιλύθηκαν μέσω συστατικών καινοτομιών, αυτός έγινε ο κυρίαρχος σχεδιασμός στα τέλη της δεκαετίας του 1940.

4.2.3. Το καθεστώς πολιτικής αεροπορίας: διεθνής αντιπαλότητα και επέκταση

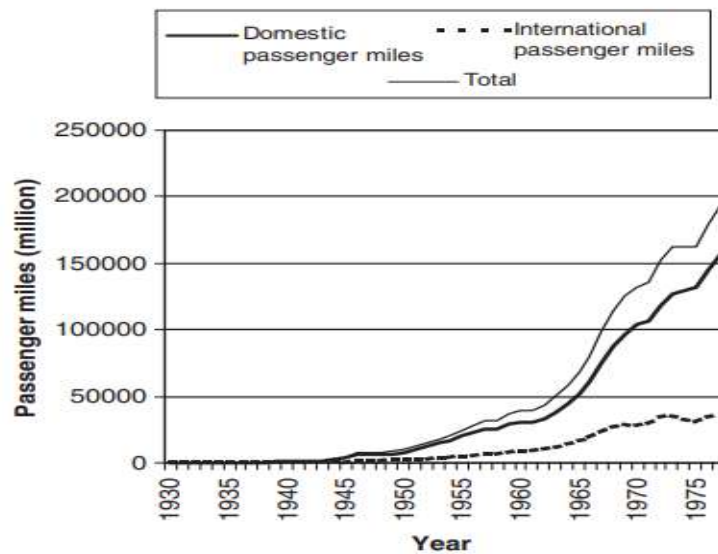
Η εμπορική αεροπορία στην Ευρώπη μειώθηκε έντονα κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, αλλά στην Αμερική συνέχισε να μεγαλώνει. Το κοινωνικοτεχνικό σύστημα αναπτύχθηκε περαιτέρω, επεκτάθηκε και σταθεροποιήθηκε. Αλλά υπήρχε επίσης μια ένταση που παρείχε ένα παράθυρο ευκαιρίας για αεροσκάφη. Ήδη κατά τη διάρκεια του πολέμου, προέκυψε ένας ανταγωνισμός μεταξύ της Βρετανίας και της Αμερικής, αναφορικά με το μέλλον της μεταπολεμικής εμπορικής αεροπορίας. Επειδή η αμερικανική παραγωγή πολέμου επικεντρώθηκε σε βαριά βομβαρδιστικά και αεροσκάφη μεταφοράς, οι Αμερικανοί κατασκευαστές θα ήταν σε θέση να παράξουν μεγάλα πολιτικά αεροσκάφη κατά τη μεταπολεμική περίοδο, επιτρέποντάς τους να κυριαρχήσουν στην παγκόσμια αγορά. Για την αντιμετώπιση αυτού, η βρετανική κυβέρνηση δημιούργησε την επιτροπή Brabazon το 1942, για την ανάπτυξη σχεδίων για την μεταπολεμική αεροπορία. Ένα από τα προτεινόμενα μεταπολεμικά έργα, ήταν ένα πολιτικό αεροπλάνο, το Comet, εκμεταλλευόμενο την προηγμένη βρετανική τεχνολογία του στροβιλοκινητήρα.

Στην αντίπερα όχθη του Ατλαντικού, μετά τον πόλεμο, η αμερικανική κυβέρνηση έριξε τα πλεονάζοντα αεροσκάφη στην εμπορική αγορά ακόμα και για 90.000 δολάρια. Αυτό επέτρεψε την είσοδο μικρών αεροπορικών εταιρειών με φθηνά αεροσκάφη. Το 1949, αυτό οδήγησε σε έναν πόλεμο τιμών μεταξύ αυτών των μικρών εταιρειών και των μεγάλων αεροπορικών εταιρειών, με αποτέλεσμα εξαιρετικά χαμηλά ναύλα. Αυτές οι μειώσεις τιμών προκάλεσαν την επέκταση της εγχώριας αεροπορίας, η οποία, με τη σειρά της, δημιούργησε χώρο για τη χρήση τετρακίνητων αεροσκαφών, των οποίων η απόδοση φάνηκε κατά τη διάρκεια του πολέμου. Αυτά τα μεγαλύτερα αεροσκάφη προσέφεραν περισσότερη άνεση και μεγαλύτερη εμβέλεια. Το 1945, οι αεροπορικές εταιρείες δημιούργησαν ένα καρτέλ, το International Air Transport Association (IATA), για τον περιορισμό του ανταγωνισμού και τη διατήρηση των διεθνών κομίστρων σε χαμηλά επίπεδα.

4.3. Διστακτική εισαγωγή αεροσκαφών στην πολιτική αεροπορία (1950-1960)

4.3.1. Καθεστώς πολιτικής αεροπορίας

Τα αμερικανικά αεροπορικά ταξίδια εσωτερικού συνέχισαν να αυξάνονται ραγδαία τη δεκαετία του 1950 και περισσότεροι άνθρωποι άρχισαν να βλέπουν το αεροπλάνο ως ένα «σύνηθες» μέσο μεταφοράς (Σχήμα 15).



Σχήμα 15: Η αμερικανική πολιτική αεροπορία, εγχώρια και διεθνής

Οι αναπτυσσόμενες αγορές δημιούργησαν χώρο για περαιτέρω πολλαπλασιασμό των σχεδίων των αεροσκαφών. Το 1952 η IATA εισήγαγε εισιτήρια τουριστικής κλάσης σε υπερατλαντικές διαδρομές, τα οποία ήταν περίπου 32% φθηνότερα. Ο όρος τουριστική κλάση δείχνει ότι οι αεροπορικές εταιρείες άρχισαν να επαναπροσανατολίζονται προς μια νέα ομάδα καταναλωτών: τον ταξιδιώτη αναψυχής.

Τα τετρακίνητα αεροσκάφη εφοδιάστηκαν με καμπίνες πίεσης, επιτρέποντάς τους να πετούν σε μεγαλύτερα υψόμετρα με λιγότερα προβλήματα αναταραχής και περισσότερη άνεση. Αλλά το μέγιστο υψόμετρο παρέμεινε περιορισμένο.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1950, οι ουρανοί ήταν πιο γεμάτοι με αεροσκάφη και η κίνηση στα αεροδρόμια αυξανόταν. Τον Ιούνιο του 1956, δύο αεροσκάφη συγκρούστηκαν κατά την πτήση, σκοτώνοντας 128 άτομα. Αυτό το ατύχημα κατέδειξε την έλλειψη ραντάρ μεγάλης εμβέλειας, το οποίο θα μπορούσε να παρακολουθεί και να κρατεί τα αεροσκάφη συνεχώς σε απόσταση καθώς πετούσαν στις εναέριες οδούς. Τότε το αμερικανικό Κογκρέσο ψήφισε τον ομοσπονδιακό νόμο αεροπορίας (Federal Aviation Act) το 1958, δημιουργώντας μια νέα ρυθμιστική υπηρεσία, τον Ομοσπονδιακό Οργανισμό Αεροπορίας (FAA). Ο FAA επιφορτίστηκε με τη δημιουργία ενός ATC για τη διατήρηση απόστασης ασφαλείας των εμπορικών αεροσκαφών σε όλες τις φάσεις της πτήσης τους. Προς τη βελτίωση της ασφάλειας, της πλοήγησης, του ελέγχου και της επικοινωνίας, ένας αυξανόμενος αριθμός ηλεκτρονικών οργάνων εισήλθαν στα αεροσκάφη, καθιερώνοντας την αεροηλεκτρονική ως έναν ταχέως αναπτυσσόμενο τομέα.

Μια άλλη ένταση στο αεροπορικό καθεστώς δημιουργήθηκε επειδή η αεροπορία ήταν μια γρήγορα αναπτυσσόμενη αγορά και οι φορείς ανταγωνίζονταν για μια θέση ισχύος στα στρατηγικά παιχνίδια. Ένα στρατηγικό παιχνίδι ήταν μεταξύ της Βρετανίας και της Αμερικής. Ένα άλλο ήταν μεταξύ της Douglas Aircraft, τον κυρίαρχο κατασκευαστή αεροσκαφών στην πολιτική αεροπορία, και της Boeing, η οποία ήταν ισχυρή στην αγορά του στρατού, αλλά σχετικά ασθενής στα πολιτικά αεροσκάφη. Επειδή η ρίψη πυραύλων αναμενόταν να αντικαταστήσει τα στρατηγικά βομβαρδιστικά στο μέλλον, η Boeing στόχευε να διαφοροποιηθεί σε μη στρατιωτικές

αγορές. Ένα τρίτο στρατηγικό παιχνίδι ήταν μεταξύ αεροπορικών εταιρειών, που πάσχιζαν για ένα κομμάτι της αγοράς των μεταφορών. Η Pan American Airlines, ισχυρή σε διεθνές επίπεδο μεταφοράς επιβατών, τοποθετήθηκε ως καινοτόμα εταιρεία, έτοιμη να εξερευνήσει νέες δυνατότητες, διαδρομές και τεχνολογίες αεροσκαφών. Αυτά τα πολλαπλά στρατηγικά παιχνίδια στο αεροπορικό καθεστώς δημιούργησαν παράθυρα ευκαιριών μέσα από τα οποία οι κινητήρες τύπου jet μπήκαν στην πολιτική αεροπορία.

Μια άλλη μεταβλητή στο αεροπορικό καθεστώς στα τέλη της δεκαετίας του 1940 και στις αρχές της δεκαετίας του 1950, ήταν η αβεβαιότητα σχετικά με τα μελλοντικά προωθητικά συστήματα. Βελτιωμένοι κινητήρες σύνθετων εμβόλων, που έδιναν 20% περισσότερη ισχύ, εισήχθησαν το 1950 σε βομβαρδιστικά και εμπορικά αεροπλάνα. Ο κινητήρας ελικοστροβίλου αναπτύχθηκε στη Βρετανία μετά τον πόλεμο, ως ένας τρόπος να καταπολεμήσει την αμερικανική κυριαρχία στην πολιτική αεροπορία. Ο κινητήρας αυτός φάνηκε να συνδυάζει: υψηλότερη ταχύτητα από τον εμβολοφόρο και καλύτερη οικονομία καυσίμου από τον κινητήρα τύπου jet. Για επιβατικά αεροσκάφη το υψηλό κόστος καυσίμου των κινητήρων τύπου jet μπορούσε να είναι πρόβλημα και για τα βομβαρδιστικά θα μπορούσε να αποτελεί πρόβλημα η περιορισμένη εμβέλεια. Η αβεβαιότητα σχετικά με την τεχνολογία του κινητήρα σχημάτιζε μια σημαντική αρένα για στρατηγικά παιχνίδια.

4.3.2. Εξέλιξη θύλακα των βομβαρδιστικών: ανάπτυξη των κινητήρων τύπου jet

Οι κινητήρες τύπου jet αρχικά απορρίφθηκαν στα βομβαρδιστικά, λόγω της υψηλής κατανάλωσης καυσίμων. Όταν μηχανικοί της Boeing έκαναν σχέδια για ένα νέο, βαρύ βομβαρδιστικό μεγάλης εμβέλειας (το B-52), έλαβαν για πρώτη φορά υπόψιν τους τους κινητήρες ελικοστροβίλου. Αλλά μία συμπληρωματική καινοτομία, ο ανεφοδιασμός στον αέρα, άλλαξε την αντίληψη υπέρ των κινητήρων τύπου jet και οι μηχανικοί της Boeing επέλεξαν την προώθηση από αυτούς τους κινητήρες το 1948 για το B-52. Αυτό ήταν δυνατό, επειδή η απόδοση των κινητήρων αυτών συνέχισε να βελτιώνεται. Οι Pratt και Whitney παρήγαγαν ισχυρούς κινητήρες, όπως ο J-42 (1948), παράγοντας ώθηση 8750 lb, και ο J-57 (1952), παράγοντας 10.000 lb.

Για τον εναέριο ανεφοδιασμό, χρειάστηκαν αεροσκάφη-δεξαμενόπλοια που πετούσαν τόσο γρήγορα όσο και τα βομβαρδιστικά αεροπλάνα. Το 1952, η Boeing άρχισε να σχεδιάζει ένα δεξαμενόπλοιο, βάσει μιας ρητής στρατηγικής διπλής χρήσης, ελπίζοντας να πουλήσει επανασχεδιασμένα δεξαμενόπλοια ως αεροσκάφη σε αεροπορικές εταιρείες.

4.3.3. Εξελίξεις σε επίπεδο θύλακα στην πολιτική αεροπορία: διστακτική εισαγωγή και στρατηγικά παιχνίδια

Ο κινητήρας τύπου jet άργησε να μπει στην αμερικανική πολιτική αεροπορία. Οι αεροπορικές εταιρείες δίσταζαν λόγω του κόστους των καυσίμων και της αμφίβολης ανθεκτικότητάς τους σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Επιπρόσθετα, δεδομένου ότι

οι κινητήρες τύπου jet ήταν σχετικά αναποτελεσματικοί σε χαμηλές ταχύτητες, απαιτούνταν μεγάλοι διάδρομοι για απογείωση.

Ακολουθώντας το σχέδιο Brabazon, η βρετανική κυβέρνηση χορήγησε την De Havilland, κατασκευαστή αεροσκαφών, για να αναπτύξει το Comet. Οι δοκιμαστικές πτήσεις πραγματοποιήθηκαν το 1949, και το πρώτο πολιτικό αεροσκάφος εισήλθε στην εμπορική υπηρεσία το 1952 με τη British Overseas Airways Corporation (BOAC). Επειδή η BOAC ήταν μια κρατική εταιρεία, δεν είχε σημασία το κόστος λειτουργίας του αεροσκάφους. Το Comet εξέπληξε τον κόσμο με την απόδοσή του και ήταν δημοφιλές στους πελάτες, επειδή παρείχε μια ομαλή διαδρομή πάνω από τον καιρό, μειώνοντας τις αναταράξεις και αυξάνοντας την άνεση της πτήσης, σε συνδυασμό με υψηλότερες ταχύτητες και μοντέρνο παρουσιαστικό. Το αεροσκάφος πετούσε με σχεδόν κάθε θέση γεμάτη και έτσι ήταν προσοδοφόρο, παρόλο που το λειτουργικό κόστος ήταν σχεδόν τρεις φορές όσο ο κινητήρας εμβόλου DC-6. Το 1952 και το 1953, πολλές αεροπορικές εταιρείες, συμπεριλαμβανομένων αμερικανικών, έθεσαν παραγγελίες για το Comet. Αλλά το 1954 το Comet απομυθοποιήθηκε λόγω μιας σειράς μοιραίων ατυχημάτων, που προκαλούνταν από κόπωση των μετάλλων, ένα φαινόμενο άγνωστο εκείνη τη στιγμή.

Η Pan Am στράφηκε σε αεροσκάφη Boeing και Douglas. Η Douglas Aircraft έκανε προκαταρκτικά σχέδια για αεροσκάφη (DC-8), αλλά η Boeing είχε ήδη ένα πρωτότυπο δεξαμενόπλοιο τζετ, το Dash-80. Τον Μάιο του 1954, το Dash-80 έπεισε την Πολεμική Αεροπορία να παραγγείλει 29 δεξαμενόπλοια. Αυτό έδωσε στην Boeing το οικονομικό υπόβαθρο για μετατόπιση του αεροπορικού σχεδιασμού στο πολιτικό Boeing 707. Τον Οκτώβριο του 1955, η Pan Am παρήγγειλε 20 Boeing 707s και 25 DC-8. Την Pan Am ακολούθησαν και άλλες αεροπορικές εταιρείες, επειδή φοβήθηκαν μήπως μείνουν πίσω. Ανησυχίες για οικονομική σκοπιμότητα και αναντιστοιχίες με το καθεστώς είναι ορατές σε ένα σχόλιο από τον πρόεδρο της Delta Airlines το 1956:

“Αγοράζαμε αεροπλάνα που δεν ήταν πλήρως σχεδιασμένα, με εκατομμύρια δολάρια που δεν είχαμε. Θα τα χρησιμοποιούσαμε σε αεροδρόμια που ήταν πολύ μικρά, με ένα σύστημα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας που ήταν πολύ αργό, και έπρεπε να τα γεμίσουμε με περισσότερους επιβάτες από ποτέ.”

Στον αγώνα των παραγγελιών η Boeing αποδείχθηκε επιτυχημένη και από το τέλος του 1956 το Boeing 707, με χωρητικότητα έως και 181 επιβάτες, ξεπερνούσε το DC-8 σε αναλογία τρία προς ένα.

4.4. Αντικατάσταση κινητήρων εμβόλου και ευρύτερες επιπτώσεις στα συστήματα αεροπορίας (1960-1970)

Πολιτικά αεροσκάφη εισήχθησαν για πρώτη φορά στο θύλακα της αγοράς μεγάλων αποστάσεων, όπου το πλεονέκτημα τους στην υψηλή ταχύτητα αποδείχτηκε βασικό. Η διάδοσή τους σε άλλες αγορές και διαδρομές ήταν σταδιακές και απαιτούσαν πολλές αλλαγές στο κοινωνικοτεχνικό σύστημα, π.χ. σε αεροδιαδρόμους, στα ATC, στις πιλοτικές δεξιότητες, στα τιμολόγια, στο μάρκετινγκ και στις ομάδες επιβατών.

Σε αγορές μεγάλων αποστάσεων, τα τετρακίνητα αεροσκάφη αντικατέστησαν γρήγορα τα αεροσκάφη με κινητήρα εμβόλου. Αλλά στις μικρές αποστάσεις, ο κινητήρας εμβόλου παρέμεινε ανταγωνιστικός μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1960

όταν τους αντικατέστησαν σταδιακά οι ελικοστρόβιλοι, οι οποίοι για διαδρομές μεσαίων αποστάσεων, ήταν αρχικά πιο αποτελεσματικοί από στροβιλοκινητήρες και κινητήρες εμβόλου.

Αλλά η τροχιά διάχυσης δεν ήταν απλή. Αρχικά, οι αεροπορικές εταιρείες είχαν ελλείματα με τα αεροσκάφη και τα συνολικά κέρδη μειώθηκαν, ενώ μερικές φορές ήταν ακόμα και αρνητικά (Πίνακας 2). Ένας λόγος για τα χαμηλότερα κέρδη ήταν το υψηλό κόστος αγοράς. Ένας άλλος ήταν πως τα μεγαλύτερα αεροσκάφη οδήγησαν σε μείωση του συντελεστή φορτίου από 62,2% το 1955 σε 56,1% το 1965.

Year	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Operating revenues (billion \$)	3.0	3.5	4.0	4.1	4.8	5.4	5.8	6.6	7.2	8.2	9.3
Operating profits (million \$)	78	84	-41	15	105	70	-118	97	326	601	890
%	2.6	2.4	-1.0	0.3	2.1	1.3	-2.0	1.5	4.5	7.3	9.6

Πίνακας 2: Λειτουργικά κέρδη από αερομεταφορές του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας

Αλλά η εμπειρία του χρήστη τα επόμενα χρόνια έδειξε ότι τα αεροσκάφη θα μπορούσαν να εξοικονομήσουν κόστος σε αρκετές διαστάσεις. Αν και οι κινητήρες τύπου jet κατανάλωναν πολλά καύσιμα σε ταχύτητες χαμηλότερες των 400mph, η αποδοτικότητά τους αυξήθηκε σε υψηλότερες ταχύτητες. Πέταξαν επίσης σε μεγαλύτερα υψόμετρα, με λιγότερη αντίσταση. Μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν φθηνότερα καύσιμα, τα οποία συνέβαλαν στην αντιστάθμιση των επιπτώσεων της υψηλότερης κατανάλωσης καυσίμου. Επιπλέον, η ανάπτυξη κινητήρων τύπου jet αύξησαν την απόδοση καυσίμου. Μία άλλη μείωση του λειτουργικού κόστους προήλθε από τις οικονομίες κλίμακας. Η υψηλότερη ταχύτητα σήμαινε ότι χρειαζόταν λιγότερο πλήρωμα για μεγάλα ταξίδια και ότι θα μπορούσαν να γίνονται περισσότερες πτήσεις ανά έτος, αυξάνοντας την ετήσια παραγωγικότητα. Μια άλλη πηγή εξοικονόμησης ήταν το κόστος συντήρησης. Επειδή οι κινητήρες τύπου jet είχαν λιγότερα κινούμενα μέρη από τους κινητήρες εμβόλων, έβγαζαν λιγότερες ζημιές και το χρονικό διάστημα για την συντήρηση μειώθηκε. Οι αεροπορικές εταιρείες προσπάθησαν επίσης να προσελκύσουν νέες ομάδες χρηστών, όπως η αγορά αναψυχής και ο τουρισμός, με χαμηλότερα αεροπορικά εισιτήρια και νέες στρατηγικές μάρκετινγκ. Για την ενίσχυση της διεθνούς ζήτησης, οι αεροπορικές της IATA εισήγαγαν την οικονομική κλάση το 1958, ως ένα νέο φθινό εισιτήριο, 20% κάτω από την τουριστική κλάση. Ως αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών, τόσο η εσωτερική όσο και η διεθνής αεροπορίας αναπτύχθηκαν στα μέσα της δεκαετίας του 1960.

Οι κινητήρες jet προκάλεσαν επίσης περαιτέρω αλλαγές στο σύστημα της αεροπορίας. Χρειάζονταν μεγαλύτερους διαδρόμους για απογείωση, λόγω της σχετικής αναποτελεσματικότητας του κινητήρα σε χαμηλές ταχύτητες. Τα αεροπλάνα με κινητήρα εμβόλου, με τα ίσια φτερά τους «καθόντουσαν» στο μηχανισμό προσγείωσης, με ελαφρώς θετική γωνία κλίσης. Όταν έφταναν στην ταχύτητα απογείωσης, λίγο πολύ απογειώνονταν μόνα τους. Τα αεροσκάφη κινητήρα τύπου jet, με τα σαρωμένα φτερά τους, όχι μόνο είχαν πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα απογείωσης, αλλά έπρεπε επίσης να «περιστραφούν» δυναμικά στην ταχύτητα απογείωσης. Οι πιλότοι έπρεπε να προσαρμοστούν σε αυτές τις αλλαγές και να επανεκπαιδευτούν. Ρυθμίσεις έγιναν επίσης στον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας. Το κύριο πρόβλημα στα συστήματα ATC προέκυψε από την

αυξανόμενη διαφορά στις ταχύτητες των αεροσκαφών, που κυμαίνονται από 400 km/h για αεροσκάφη με έμβολο έως 950 km/h για αεροσκάφη με κινητήρες τύπου jet. Ο έλεγχος του εναέριου χώρου γύρω από τα αεροδρόμια έπρεπε να βελτιωθεί. Τα αεροδρόμια εγκατέστησαν ραντάρ μεγάλων αποστάσεων, κάτι που περιέπλεξε το έργο των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας, οι οποίοι εξακολουθούσαν να υπολογίζουν τις θέσεις των αεροσκαφών με το χέρι. Για την αντιμετώπιση του αυξανόμενου όγκου των κανονισμών και των απαιτήσεων επεξεργασίας δεδομένων, οι υπολογιστές εισήχθησαν στο σύστημα ATC. Υπήρξαν πολιτικές συζητήσεις σχετικά με τη ρύθμιση θορύβου και τα αεροδρόμια εφάρμοσαν όρια θορύβου για τα αεροσκάφη, χωρίς όμως το πρόβλημα να λυθεί. Μια τεχνική καινοτομία που κατέστησε δυνατή την πτήση για τις μάζες, ήταν το Boeing 747 (1969). Τα αεροσκάφη μεγάλης καμπίνας αντιπροσώπευαν ένα άλμα στους αριθμούς επιβατών (450–500) και στην ταχύτητα (640 km/h). Ο συνδυασμός εξοικονόμησης καυσίμων και οικονομίας κλίμακας επέτρεψε μείωση του λειτουργικού κόστους ανά θέση κατά 30%. Με χαμηλότερα τιμολόγια και ισχυρότερα αεροσκάφη μεγάλων αποστάσεων, η αεροπορία έγινε ένα μαζικό φαινόμενο στη δεκαετία του 1970.

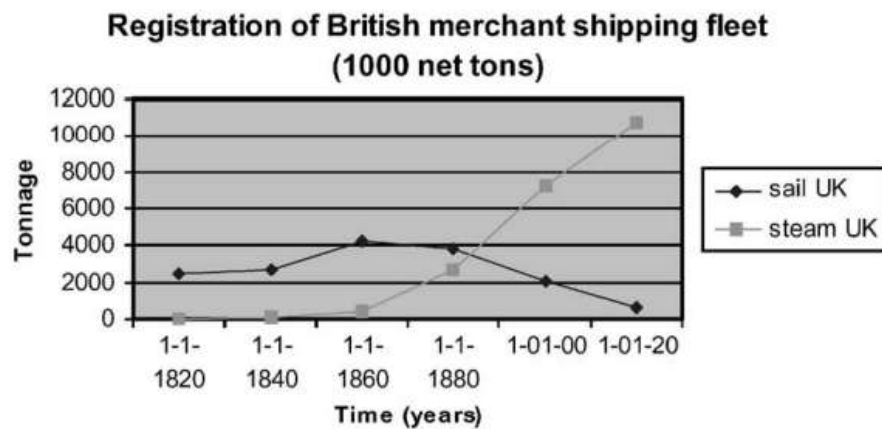
4.5 Ανασκόπηση

Αυτή η μελέτη έδειξε πώς οι μεταβάσεις στα κοινωνικοτεχνικά συστήματα μπορούν να μελετηθούν όχι μόνο ως τεχνολογικές ασυνέχεις, αλλά και ως μακροπρόθεσμες διαδικασίες συν-εξέλιξης που επίσης περιλαμβάνουν αλλαγές στις αγορές, στις ομάδες χρηστών, στην υποδομή, στην επιστήμη, στον πολιτισμό και τους κανονισμούς. Στο επίπεδο θυλάκων των αναδυόμενων καινοτομιών, η μετάβαση παίρνει τη μορφή συν-κατασκευής και αμοιβαίας διαμόρφωσης μεταξύ ετερογενών στοιχείων. Σε επίπεδο καθεστώτος, τη μορφή αλληλένδετων δραστηριοτήτων των κοινωνικών ομάδων, διαχωρισμένες με διαπερατά όρια, που οδηγούν σε πολλαπλές ροές και τροχιές που επηρεάζουν η μία την άλλη. Σε εξελίξεις τοπίου, η μετάβαση χαρακτηρίζεται ως αργή αλλαγή κοινωνικών, πολιτιστικών, οικονομικών, τεχνολογικών και περιβαλλοντικών εξελίξεων, που αποτελούν ένα πλαίσιο για τη δυναμική στα υπόλοιπα επίπεδα. Αυτά τα τρία επίπεδα συν-εξελικτικής δυναμικής ενσωματώθηκαν σε ένα MLP για μεταβάσεις και επαναδιατυπώθηκαν σε εξελικτικούς όρους ως θύλακας, καθεστώς και τοπίο. Η προστιθέμενη αξία του MLP είναι ότι παρέχει όχι μόνο μια εξελικτική οικονομική ανάλυση της τεχνολογικής αλλαγής, αλλά ασχολείται με τη μακροπρόθεσμη εξέλιξη της τεχνολογίας και του κοινωνικοοικονομικού συστήματος.

5. Μελέτη περίπτωσης: από τα ιστιοφόρα πλοία στα ατμόπλοια, 1780-1900

Η εμπειρική μελέτη επικεντρώνεται στη ναυπηγική και συγκεκριμένα στη Μεγάλη Βρετανία, καθώς αυτό ήταν το κυρίαρχο ναυτικό έθνος τον 19ο αιώνα. Θα

χρησιμοποιηθούν διαφορετικά στοιχεία του βιοτεχνικού καθεστώτος της ναυπηγικής όπως αγορές, σχέδια πλοίων, κανόνες ασφάλισης, ομάδες φορέων, ιδρύματα, επίμονα και αναδυόμενα προβλήματα, πρακτικές διαχείρισης.



Σχήμα 16: Βρετανικοί στόλοι ατμόπλοιων και ιστιοφόρων

5.1. Η εμφάνιση των ατμόπλοιων στο πλαίσιο δυναμικής αποστολής (1780-1845)

Στα τέλη του 18ου αιώνα, η Βρετανία κυριάρχησε στο καθεστώς της ναυτιλίας. Οι χώρες δημιούργησαν μονοπώλια, τα οποία περιόρισαν το αποικιακό εμπόριο στα δικά τους πλοία. Υπήρχαν δύο τύποι ναυτιλιακών εταιρειών: οι ναυλωμένες εταιρείες, για τις οποίες η χρήση πλοίων ήταν καθοριστική για το αποικιακό εμπόριο, και ο καπετάνιος-ιδιοκτήτης, που συνήθως ενεργούσε με ένα πλοίο. Ο τελευταίος έπλεε σε λιμάνια χωρίς να γνωρίζει εκ των προτέρων αν υπήρχε εμπορικό ενδιαφέρον, βασιζόμενος αποκλειστικά σε προσωπικά δίκτυα για πληροφορίες σχετικά με αγορές, αγαθά και τιμές. Αν δεν υπήρχε εμπόριο στο ξένο λιμάνι, ο καπετάνιος είτε έστελνε επιστολή στη βάση του για να ζητήσει περαιτέρω οδηγίες ή συνέχιζε σε άλλο λιμάνι για αναζήτηση εμπορικής συναλλαγής. Η αλληλογραφία ήταν ένα κρίσιμο μέσο για τις τηλεπικοινωνίες και τον συντονισμό. Τα πλοία έφευγαν από τα λιμάνια όταν ήταν γεμάτα εμπόρευμα και η ώρα άφιξης εξαρτούνταν από ανέμους και ρεύματα. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ξύλινων ιστιοφόρων ήταν δουλειά εξειδικευμένων τεχνιτών, για τους οποίους η διαίσθηση ήταν πιο σημαντική από τους υπολογισμούς.

Ο βρετανικός προστατευτισμός ενθάρρυνε την οικοδόμηση ενός συγκεκριμένου είδους πλοίων: φαρδιά, βαριά και αργά πλοία. Ο λόγος ήταν ότι οι πλοιοκτήτες έδιναν περισσότερα έμφαση στη μεγάλη χωρητικότητα φορτίου παρά στην υψηλή ταχύτητα. Η σχεδίαση αυτή δεν ενθαρρύνθηκε μόνο από τις αγορές, αλλά και από κυβερνητικούς νόμους, ιδίως τους νόμους περί χωρητικότητας του 1773.

Προέκυψαν καινοτομίες σχεδιασμού σε ιστιοφόρα πλοία από Αμερικάνους ναυπηγούς. Μετά τον αμερικανικό πόλεμο της Ανεξαρτησίας (1776-1783), η Βρετανία αρνήθηκε στους Αμερικανούς πλοιοκτήτες πρόσβαση στις βρετανικές και αποικιακές αγορές. Ως εκ τούτου, οι Αμερικανοί έμποροι αναγκάστηκαν να βρουν εναλλακτικές αγορές (π.χ. Μεσόγειος, Κίνα, νησιά του Ατλαντικού). Στο εμπόριο

μικρού όγκου-υψηλής αξίας της Κίνας (π.χ. όπιο, μετάξι) οι Αμερικανοί έμποροι έγιναν ανταγωνιστές της βρετανικής εταιρείας East India Company, και χρειάστηκαν γρήγορα πλοία για να αποφύγουν τις περιπολίες. Αυτοί οι συγκεκριμένοι θύλακες της αγοράς προκάλεσαν την εμφάνιση του «Baltimore clipper», ενός γρήγορου και ευέλικτου αλλά σχετικά μικρού πλοίου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε αργότερα και στους γαλλικούς πολέμους (1789–1815).

Μια άλλη καινοτομία στα τέλη του 18ου αιώνα στο καθεστώς της ναυτιλίας ήταν η εμφάνιση νέων κοινωνικών ομάδων όπως επαγγελματίες πλοιοκτήτες, μεσίτες και ασφαλιστικές εταιρείες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα σχεδόν το διπλασιασμό του ευρωπαϊκού στόλου. Η επαγγελματική ναυτιλία υποκινήθηκε επίσης από την εμφάνιση ασφαλιστικών εταιρειών που προσέφεραν έναν νέο τρόπο αντιμετώπισης των κινδύνων εμπορικών ταξιδιών μεγάλων αποστάσεων. Η εμφάνιση και διαμεσολάβηση του ναυλομεσίτη αύξησε την αποτελεσματικότητα στη ναυτιλία, καθώς οι καπετάνιοι μπορούσαν να ξοδεύουν λιγότερο χρόνο σε λιμάνια αναζητώντας φορτίο.

Η λειτουργία του ναυτιλιακού καθεστώτος άλλαξε επίσης από θεσμικές καινοτομίες. Στο επεκτεινόμενο εμπόριο μεταξύ Αμερικής και Βρετανίας, τα αγαθά μετακινούνταν μέσα από ολοένα και πιο πυκνό δίκτυο μεσολαβητών, π.χ. παράγοντες, χρηματοδότες, μεσίτες, διαφημιστές, χονδρέμποροι, εξαγωγείς και κατασκευαστές. Έγιναν καινοτομίες για τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας της πληροφορίας, π.χ. περιοδικά τιμών (1795), εμπορικές εφημερίδες (1815), εμπορικές βιβλιοθήκες (1820), εμπορικά περιοδικά (1831), διαφημιστικά γραφεία (1841) και βιβλία πιστωτικής έκθεσης που διανέμονται με συνδρομή (1844). Νέοι εμπορικοί θεσμοί αναπτύχθηκαν επίσης, π.χ. επίσημες ανταλλαγές για τη διεξαγωγή συναλλαγών αγοράς, εμπορικό δίκαιο και πιο εξελιγμένα πιστωτικά μέσα.

Αν και το καθεστώς ναυτιλίας και εμπορίου ήταν καινοτόμο σε διάφορες διαστάσεις, μαστίζονταν από επίμονα προβλήματα. Μέχρι το 1830, τα εμπορεύματα κινούνταν με την ταχύτητα ενός ζώου ή ήταν εξαρτώμενα από τους ανέμους (μια διατλαντική διέλευση με ιστιοφόρο διαρκούσε 7 εβδομάδες με απόκλιση ενός μήνα). Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα στη θαλάσσια ναυτιλία, ιδιαίτερα για τους εμπόρους, ήταν η έλλειψη κανονικότητας και προβλεψιμότητας. Η αβεβαιότητα σχετικά με την ώρα άφιξης και αναχώρησης δυσκόλευε τον προγραμματισμό των διαδικασιών. Ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα στο εμπόριο μεγάλων αποστάσεων ήταν η έλλειψη συντονισμού, ελέγχου και ανατροφοδότησης, επειδή η αλληλογραφία μεταφέρονταν με τα ίδια τα εμπορικά σκάφη.

Μια σημαντική καινοτομία, με στόχο τη βελτίωση της κανονικότητας, ήταν ο καθορισμός των ωρών αναχώρησης. Η Black Ball Line ήταν η πρώτη προγραμματισμένη υπηρεσία μεταφοράς πακέτου το 1818, η οποία ακολουθούσε τακτικό πρόγραμμα αναχώρησης. Για υψηλότερο τιμολόγιο, τα σκάφη αυτά πραγματοποιούσαν επείγουσες αποστολές, αλληλογραφία και βιαστικά δρομολόγια, βελτιώνοντας, μεταξύ άλλων, την τηλεπικοινωνία. Τα ταχύπλοα Baltimore clippers χρησιμοποιήθηκαν ευρέως σε αυτήν τον θύλακα.

Τα πρώτα πειράματα με ατμόπλοια πραγματοποιήθηκαν στα τέλη του 18ου και στις αρχές του 19ου αιώνα στη Βρετανία, τη Γαλλία και την Αμερική, στο θύλακα των εσωτερικών πλωτών οδών. Αυτό έγινε στα πλαίσια της «έκρηξης των καναλιών», μια ανάπτυξη τοπίου, κατά την οποία οι χώρες σχημάτισαν συνδεδεμένα δίκτυα εσωτερικών πλωτών οδών με την κατασκευή τεχνητών καναλιών και την εμβάθυνση

των ποταμών. Η προβλεπόμενη εφαρμογή των πειραμάτων ατμού ήταν ένα ρυμουλκό ατμού για να τραβάει τα πλοία μέσα από κανάλια ή να τα οδηγεί στα λιμάνια. Ευρύτερες εφαρμογές βρέθηκαν σε λιμάνια ή εκβολές, όπου τα ρυμουλκά ατμού βοήθησαν στην πλεύση μεγάλων ιστιοφόρων σε λιμάνια. Το επόμενο βήμα ήταν από εκβολές, σε παράκτιες διαδρομές και ταξίδια σε μικρές θάλασσες, όπως η Θάλασσα της Ιρλανδίας, η Βόρεια Θάλασσα και τα κανάλια.

Τα πρώτα ατμόπλοια ήταν μικρά ξύλινα σκάφη, που χρησιμοποιούσαν κινητήρες ατμού χαμηλής πίεσης και τροχούς. Επειδή όμως τα ατμόπλοια μετέφεραν πολύ άνθρακα, υπήρχε μικρή ικανότητα μεταφοράς εμπορευμάτων. Το Savannah ήταν το πρώτο ατμόπλοιο που έκανε τη διέλευση του Ατλαντικού το 1819, ενώ ακολούθησε το Rising Star, το 1822. Οι ατμομηχανές ήταν βοηθητικό πρόσθετο σε ιστιοφόρα πλοία, που χρησιμοποιούνταν σε περιόδους χαμηλών ανέμων.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1830 και μετά, το καθεστώς της ναυτιλίας άλλαξε ως προς τη διάσταση της αγοράς καθώς το εμπόριο επεκτάθηκε. Το διεθνές και το αποικιακό εμπόριο υποκινήθηκαν από τη χαλάρωση των νόμων πλοήγησης. Η Βρετανία έγινε το «εργαστήριο του κόσμου», πωλώντας μεταποιημένα, ή μη, προϊόντα, άνθρακα, πλοία, χρηματοοικονομικές υπηρεσίες και εισάγοντας πρώτες ύλες. Η αγορά προϊόντων πολυτελείας όπως τσάι, καφές, ζάχαρη επεκτάθηκε και μαζί της και η μεταφορά επιβατών σε Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία και Αμερική. Τα Baltimore Clippers συνέβαλλαν τα μέγιστα στις αναπτυσσόμενες αγορές των επιβατών, φτάνοντας στο αποκορύφωμά τους μεταξύ 1825 και 1850, ενώ τη δεκαετία του 1840 προστέθηκαν και οι φτωχοί μετανάστες στο επιβατικό κοινό. Όλα αυτά συνέβαλλαν στην αύξηση των επαγγελματιών πλοιοκτητών.

Οι μεταφορές εμπορευμάτων μεγάλων αποστάσεων συνέχισαν να αιμορραγούν λόγω του περιορισμένου ελέγχου και την έλλειψη πληροφοριών. Στη δεκαετία του 1830 και του 1840, ο ατμός άρχισε να δίνει λύσεις σε αυτό το πρόβλημα. Ο σιδηρόδρομος βελτίωσε τις χερσαίες ταχυδρομικές συνδέσεις, ενώ τα ατμόπλοια έκαναν την παράκτια κυκλοφορία και τη διάσχιση του Καναλιού ταχύτερη και πιο τακτική.

Νέα σχέδια για ιστιοφόρα πλοία εμφανίστηκαν, καθώς το μονοπώλιο της East India Company καταργήθηκε το 1834. Η Κίνα ήταν μια ελκυστική αγορά λόγω της υψηλής αξίας του εμπορίου της (όπιο, τσάι). Εκεί χρησιμοποιήθηκαν τα νέα αμερικανικά πλοία, *opium clippers*, τα οποία ήταν μεγαλύτερα από τα Baltimore clippers και σχεδιασμένα για φορτίο, αλλά επίσης γρήγορα και ευέλικτα. Η κύρια περίοδος δραστηριότητάς τους ήταν μεταξύ 1830 και 1850, μετά την οποία αντικαταστάθηκαν από τα *tea clippers* και ατμόπλοια.

Στη δεκαετία του 1830, τα ατμόπλοια χρησιμοποιήθηκαν επίσης ως αντι-πειρατικά πλοία στις αποικίες. Μια σημαντική ώθηση για τα ατμόπλοια ήρθε το 1838, όταν η βρετανική κυβέρνηση εξέδωσε επιδοτήσεις αλληλογραφίας μέσω συγκεκριμένων διαδρομών. Η ταχύτερη παράδοση αλληλογραφίας προοριζόταν να βελτιώσει την επικοινωνία και το συντονισμό εντός της Βρετανικής Αυτοκρατορίας. Μεταξύ 1838 και 1862 ένα παγκόσμιο δίκτυο βρετανικών εταιριών ατμού δημιουργήθηκε με βάση επιδοτήσεων αλληλογραφίας σε όλη την βρετανική επικράτεια. Η χρήση ατμόπλοιων παρουσίασε μια νέα λειτουργικότητα στη θαλάσσια ναυτιλία: υπηρεσίες με καθορισμένες ώρες αναχώρησης και άφιξης. Επειδή τα ατμόπλοια ήταν ανεξάρτητα από τους ανέμους, η τακτικότητα και η αξιοπιστία των υπηρεσιών βελτιώθηκαν.

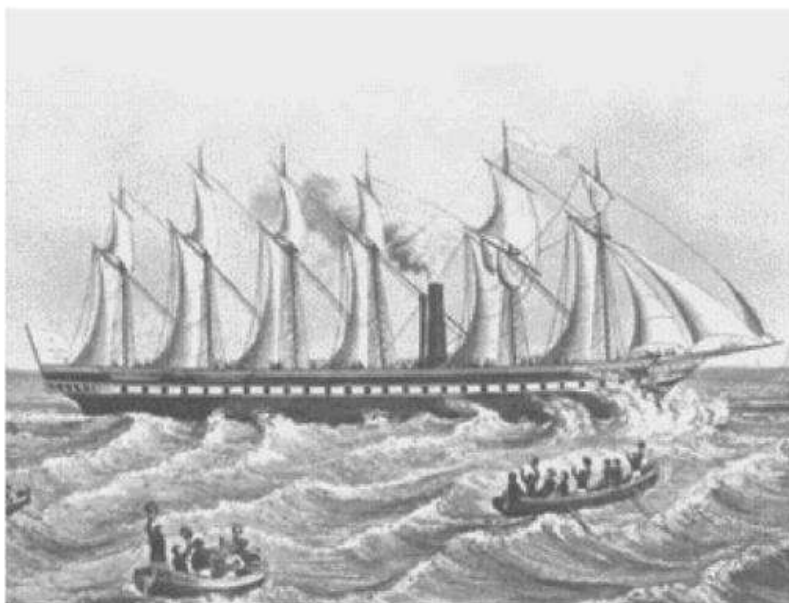
Καθώς ο τομέας εφαρμογής του ατμού μετατοπίστηκε από εσωτερικές πλωτές οδούς και παράκτια ύδατα στους ωκεανούς, αναδείχτηκαν πολλά προβλήματα. Πρώτον, η καθαρή ικανότητα μεταφοράς των ατμοπλοίων μειώθηκε, επειδή πολύς άνθρακας έπρεπε να μεταφερθεί επί του σκάφους, λόγω της υψηλής κατανάλωση άνθρακα των ατμομηχανών. Δεύτερον, οι τροχοί των πλοίων δεν παρέμεναν σε επαφή με το νερό κατά τη διάρκεια δύσκολων καιρικών συνθηκών. Αυτό όχι μόνο μείωσε τη λειτουργικότητα και τη σταθερότητα του πλοίου, αλλά και την ικανότητα του να ελίσσεται. Τρίτον, το υπερβολικό βάρος των λεβήτων, συμπυκνωτών και ατμομηχανών έκαναν το ξύλινο σκαρί να κάμπτεται, κάτι που επιδεινώνονταν όσο οι ατμομηχανές και οι λέβητες εξελίσσονταν.

Καθώς οι επιδοτήσεις αλληλογραφίας παρείχαν ένα εγγυημένο «χώρο» για καινοτομίες, εξειδικευμένοι σχεδιαστές και ναυπηγοί εμφανίστηκαν, εστιάζοντας στο ατμόπλοιο. Επειδή η κατεύθυνση των καινοτομιών τους καθοδηγήθηκαν από τα τεχνικά προβλήματα, εμφανίστηκαν νέες τεχνικές τροχιές, που επικεντρώθηκαν στην πρόωση, το σιδερένιο σκαρί και τους αποδοτικότερους κινητήρες ατμού. Δύο πρώτοι εφευρέτες, ο Ericsson και ο Smith, προκάλεσαν μεγάλο ενδιαφέρον με πέντε σκάφη με προπέλα για επιδεικτικούς σκοπούς το 1836 και το 1837. Αν και η βασική αρχή της πρόωσης με προπέλα παρουσιάστηκε, πολλά πρακτικά προβλήματα έπρεπε να λυθούν. Ειδικότερα, η υψηλότερη συχνότητα της περιστροφής προκάλεσε το λεγόμενο πρόβλημα της δόνησης. Το πρόβλημα των κραδασμών επιδείνωσε τα προβλήματα με τα ξύλινα σκαριά και σηματοδότησε μια αλλαγή προς τα σιδερένια σκαριά. Η δόνηση πυροδότησε επίσης μια αλλαγή στη διάταξη του πλοίου, καθώς οι καμπίνες για τους επιβάτες μετακινήθηκαν από πίσω προς το μέσο του πλοίου και έγιναν αλλαγές στην πρύμνη.

Η εξέλιξη των κινητήρων των πλοίων είχε αργή ακολουθία καινοτομιών. Ο πιο σημαντικός τρόπος για υψηλότερη απόδοση του άνθρακα ήταν η υψηλότερη πίεση λέβητα. Κάτι τέτοιο επιτεύχθηκε κάνοντας τους λέβητες βαρύτερους και ισχυρότερους, χρησιμοποιώντας ισχυρότερα μέταλλα. Μεταξύ 1840 και 1850 υιοθετήθηκαν γενικά οι σωληνωτοί λέβητες, επειδή ήταν ελαφρύτεροι και πιο συμπαγείς. Καλύτερα λιπαντικά, για τη μείωση της τριβής μεταξύ των κινούμενων μερών, ανέδειξαν περαιτέρω την αποτελεσματικότητα των ατμομηχανών.

Οι επιχειρηματίες ναυπηγοί άρχισαν να πειραματίζονται με σιδερένια πλοία τη δεκαετία του 1830. Πρώτα οι ναυπηγοί σχεδίασαν σιδερένια πλοία με βάση ξύλινες πρακτικές ναυπηγικής. Αλλά αυτά τα πρώτα σιδερένια πλοία υπέφεραν από αστάθεια και μερικές φορές αναποδογύριζαν. Απαιτούνταν νέες δεξιότητες και διαφορετικές τεχνικές διεργασίας (π.χ. θέρμανση, σφυρηλάτηση, ισοπέδωση και διάτρηση), κάτι που οι μέχρι πρότινος ναυπηγοί δεν διέθεταν. Ως εκ τούτου, η κατασκευή των σιδερένιων πλοίων εξαρτούνταν από εξωτερικούς, σιδηρουργούς και κατασκευαστές λεβήτων. Μερικά από τα προβλήματα ήταν η διαταραχή της πυξίδας και η ταχεία φθορά του περιβλήματος από θαλάσσιους παράγοντες. Ως εκ τούτου, τα σιδερένια πλοία χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στο θύλακα των εσωτερικών πλωτών οδών. Το Ναυτικό αγόρασε επίσης μερικά σιδερένια ατμόπλοια στα τέλη της δεκαετίας του 1830, αλλά έγιναν δύσπιστοι όταν δοκιμές έδειξαν ότι ο σκελετός του σιδήρου διαλύονταν και κατακερματιζόταν όταν προσέκρουαν σε αυτόν σφαίρες. Ο πρώιμος σκεπτικισμός παρουσιάστηκε σε επίσημους κανόνες ασφάλισης. Υψηλά ασφάλιστρα αντιστοιχήθηκαν σε σιδερένια πλοία και δεν εκδόθηκαν κανόνες σχεδιασμού για την κατασκευή τους έως το 1855. Σε αυτό το πλαίσιο, η χρήση του

σιδήρου για την κατασκευή του Great Britain (1843) ήταν ένα σημαντικό πείραμα (Σχήμα 17). Επρόκειτο για μια υβριδική μορφή ανάμεσα σε ιστιοφόρο και ατμόπλοιο. Παρά τον πρώιμο σκεπτικισμό, σταδιακά διαπιστώθηκε πως ο σίδηρος διέθετε κάποια πλεονεκτήματα έναντι του ξύλου. Ήταν ανθεκτικός σε φωτιά και δόνηση και μπορούσε να αντέξει το βάρος των ατμομηχανών. Λόγω της μεγαλύτερης αντοχής του, το σκαρί μπορούσε να είναι λεπτότερο, ακόμη και στο σημείο να είναι ελαφρύτερο από αυτό των ξύλινων πλοίων.



Σχήμα 17: Το πλοίο "Μεγάλη Βρετανία"

5.2. Απογείωση των ατμόπλοιων στις επιβατικές μεταφορές (1845-1869)

Επεκτείνοντας το μήκος των orium clippers για μεγαλύτερη ταχύτητα, οι Αμερικανοί ναυπηγοί τη δεκαετία του 1840 εισήγαγαν τους μεταφορείς μεγάλου φορτίου, τα επονομαζόμενα tea clippers. Μετά την κατάργηση των Πράξεων Πλοήγησης το 1849, τα αμερικανικά πλοία χρησιμοποιήθηκαν σε διαδρομές ανά τον κόσμο.

Όσον αφορά τη διάσταση της αγοράς, το καθεστώς της ναυτιλίας τη δεκαετία του 1850 και του 1860 χαρακτηρίστηκε από ανάπτυξη («η Χρυσή δεκαετία του 50»). Η μεταφορά επιβατών άνθισε λόγω της ευρωπαϊκής μετανάστευσης στη Βόρεια Αμερική και της μεταφοράς εμπορευμάτων. Το πρώτο κύμα μαζικής μετανάστευσης συνέβη στα τέλη του 1840, και σχετιζόταν με διάφορες εξελίξεις τοπίου, όπως ο ιρλανδικός λιμός της πατάτας (1845-1849), η ευρωπαϊκή πολιτική επανάσταση του 1848 και το κυνήγι χρυσού στην Καλιφόρνια (1848).

Λόγω των αυξανόμενων ευκαιριών και του μη περιορισμού από τους νόμους πλοήγησης, ο ρυθμός της καινοτομίας στη ναυπηγική βιομηχανία επιταχύνθηκε το στη Βρετανία (1850-1860). Οι βρετανικοί νόμοι χωρητικότητας άλλαξαν το 1836 για να απλοποιήσουν τις μεθόδους μέτρησης, κάνοντας αδύνατη τη φοροδιαφυγή. Καθώς οι νόμοι περί χωρητικότητας έγιναν υποχρεωτικοί το 1855, ξεκίνησαν και οι Βρετανοί ναυπηγοί να κατασκευάζουν πλοία τύπου clipper, αλλά

βαρύτερα, ισχυρότερα και πιο στενά από τα αμερικανικά. Καθώς συνάντησαν προβλήματα διαμήκους αντοχής, οι Βρετανοί στράφηκαν σταδιακά από το ξύλο στο σίδηρο ως υλικό κατασκευής. Ένας άλλος λόγος ήταν η έλλειψη και η αύξηση της τιμής του ξύλου στη Βρετανία. Στην Αμερική, η ξυλεία παρέμεινε πολύ φθηνότερη από το σίδηρο, ενθαρρύνοντας τους Αμερικανούς ναυπηγούς να επιμείνουν στο ξύλο. Το σίδηρο αρχικά χρησιμοποιούνταν, ως πρόσθετο, για την ενίσχυση των υπαρχόντων ξύλινων κατασκευών. Ως υβριδική, ενδιάμεση μορφή, τα clippers κατασκευάστηκαν τη δεκαετία του 1850, με σίδηρο και ξύλο. Στα τέλη του 1850 και στις αρχές της δεκαετίας του 1860, εμφανίστηκαν πλοία με σιδερένια κύτη και χαλύβδινα ιστία. Αυτό συνοδεύτηκε από μια ουσιαστική αναθεώρηση των κανόνων Lloyds το 1863, μειώνοντας τα ασφάλιστρα των πλοίων από σίδηρο.

Η διατλαντική μεταφορά επιβατών παρείχε την πρώτη μεγάλη αγορά για τα ατμόπλοια. Η ανάπτυξη σε αυτόν τον θύλακα της αγοράς προκάλεσε ευρωπαϊκή μετανάστευση. Πλούσιοι μετανάστες ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν επιπλέον για την ταχύτητα, την συνέπεια και την άνεση που προσέφεραν τα ατμόπλοια. Μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1850 τα ατμόπλοια κατέλαβαν γρήγορα και την αγορά των (φτωχών κυρίως) μεταναστών.

Οι εταιρείες ατμόπλοιων τακτικών γραμμών μετατράπηκαν σε μεγάλες επαγγελματικές εταιρείες, με στόλους σκαφών που τηρούσαν τακτικό χρονοδιάγραμμα σε συνεργασία με τους σιδηροδρόμους. Η διαχείριση άλλαξε καθώς έπρεπε να δοθεί περισσότερη προσοχή σε θέματα όπως η διαχείριση του στόλου, η λογιστική, η κοστολόγηση, ο λεπτομερής προϋπολογισμός και ο μακροπρόθεσμος προγραμματισμός. Ωστόσο οι νέες πτυχές αξιοποίησης του κεφαλαίου δεν εκτιμήθηκαν, καθώς οι συμμετέχοντες συνέχισαν να βασίζονται σε συμβατικά χρηματοοικονομικά πρότυπα με συχνά λανθασμένες εκτιμήσεις της ενδεχόμενης απόσβεσης από τη χρήση των ατμόπλοιων.

Λόγω της κερδοφορίας του, ο Ατλαντικός Ωκεανός μετατράπηκε σε πεδίο ανταγωνισμού μεταξύ των διάφορων εταιρειών και οι εταιρείες τακτικών γραμμών για να διαφοροποιηθούν, παράγγελλαν πλοία που ήταν όλο και μεγαλύτερα, γρηγορότερα, ασφαλέστερα, με περισσότερες πολυτέλειες και μοντέρνα. Αυτό παρείχε κίνητρο για ακόμη περισσότερη καινοτομία.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1850 κατασκευάστηκαν περισσότερα σιδερένια πλοία και οι ναυπηγοί άρχισαν να υπερβαίνουν το πειραματικό στάδιο. Το Ναυτικό άλλαξε τη διστακτική στάση του απέναντι στο σίδηρο μετά την εισαγωγή χειροβομβίδων στον Πόλεμο της Κριμαίας (1853–1856). Η ευρύτερη αποδοχή συνοδεύτηκε από τη μείωση των ασφαλιστρών το 1863. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της φθοράς, αναπτύχθηκαν χρώματα με άλατα από υδράργυρο, μόλυβδο, αντιμόνιο, ψευδάργυρο και χαλκό.

Η προπέλα καθιερώθηκε ως η κυρίαρχη λειτουργία πρόωσης στις δεκαετίες του 1850 και του 1860. Η αποδοχή της συνοδεύτηκε από τη μείωση των ασφαλιστρών σε πλοία με προπέλα και την εμφάνιση των σιδερένιων σκαφών, που θα μπορούσαν να αντέξουν καλύτερα τη συνεχή δόνηση της πρόωσης με προπέλα.

Ένας πολλά υποσχόμενος τρόπος για την αύξηση της αποδοτικότητας του άνθρακα ήταν οι σύνθετοι κινητήρες, χρησιμοποιώντας ατμό υψηλής πίεσης δύο φορές, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου έως και 60%. Ο ατμός από τον πρώτο κύλινδρο, όπου η αρχική πίεση ήταν μεγάλη, θα περνούσε σε ένα δεύτερο κύλινδρο μεγαλύτερης διαμέτρου. Οι σύνθετοι κινητήρες αναπτύχθηκαν για χερσαίες,

σταθερές εφαρμογές στις αρχές του 19ου αιώνα, αλλά δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στους ωκεανούς επειδή η εισαγωγή θαλασσινού νερού, για συμπύκνωση του ατμού, είχε ως αποτέλεσμα την καθίζηση του εσωτερικού του κυλίνδρου, δυσχεραίνοντας τη λειτουργία του και δημιουργώντας προβλήματα. Η λειτουργία του σύνθετου κινητήρα βελτιώθηκε καθώς η πίεση του λέβητα αυξήθηκε από 30 psi το 1860, σε 70 psi στα μέσα της δεκαετίας του 1870.

Στη δεκαετία του 1850 και στις αρχές της δεκαετίας του 1860 οι τεχνικές τροχιές της προπέλας, του σιδερένιου σκάφους και ενός σύνθετου κινητήρα σταδιακά συνδέονταν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα ένα νέο τεχνικό καθεστώς ατμόπλοιων. Μια εντυπωσιακή αλλά δαπανηρή εμπειρία ήταν το *Great Eastern*, που ξεκίνησε το 1858 (Σχήμα 18). Η εισαγωγή των σύνθετων κινητήρων κατέστησε δυνατή τη χρήση ατμού σε συγκεκριμένους θύλακες της αγοράς αποστολής εμπορευμάτων.



Σχήμα 18: Το *Great Eastern*, 1858

5.3. Ανταγωνισμός μεταξύ ατμού και πανιού στο φορτίο και ευρύτεροι μετασχηματισμοί (1869–1900)

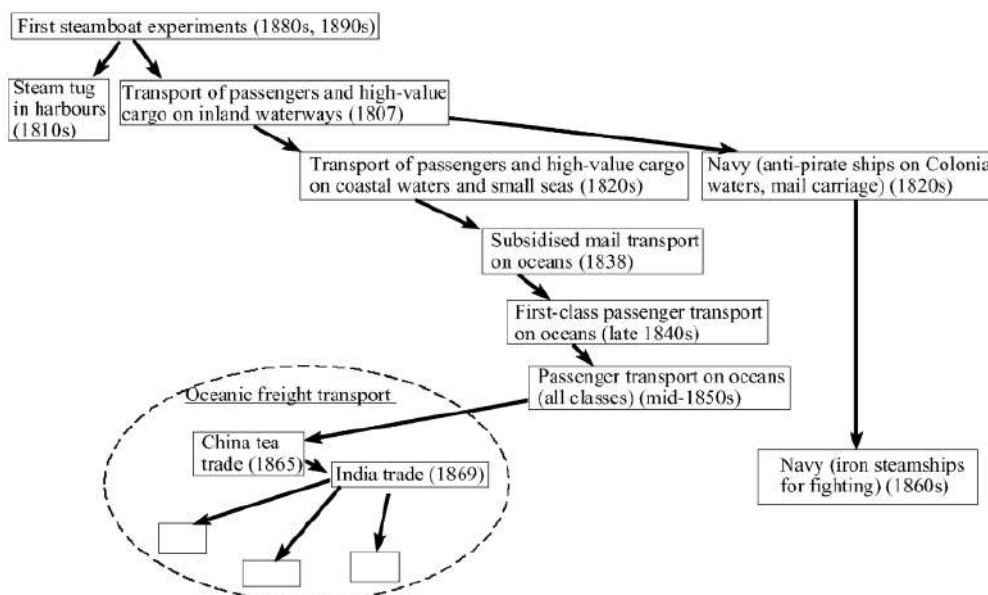
Η μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων συνέχισε να είναι μια αναπτυσσόμενη αγορά για τα ατμόπλοια από το 1870 έως το 1890. Μια σημαντική αλλαγή στο φυσικό τοπίο ήταν το άνοιγμα του καναλιού του Σουέζ το 1869. Το κανάλι όχι μόνο μείωσε τις αποστάσεις προς την Ανατολή, αλλά επίσης αποδείχθηκε ακατάλληλο για ιστιοφόρα πλοία, εξαιτίας των λίγων και μεταβλητών ανέμων. Ως εκ τούτου, το κανάλι έδωσε στα ατμόπλοια ένα μεγάλο συγκριτικό πλεονέκτημα στο εμπόριο προς την Ινδία και την Κίνα. Μετά το 1874 οι κινητήρες ατμού συνέχισαν να βελτιώνουν την αποδοτικότητά τους, ωστόσο η διάχυση των ατμόπλοιων ήταν βαθμιαία και τα ιστιοφόρα συνέχισαν να χρησιμοποιούνται τον 20ο αιώνα. Υπάρχουν τρεις λόγοι για τους οποίους αυτή η αλλαγή ήταν σταδιακή.

Ο πρώτος λόγος ήταν οι τεχνικές βελτιώσεις, οι οποίες μείωσαν την κατανάλωση άνθρακα, με αποτέλεσμα τη σταδιακή αύξηση στο «περιθώριο απόστασης» των ατμόπλοιων. Οι τιμές της ναυπηγικής σιδήρου μειώθηκαν επίσης από τα μέσα της δεκαετίας του 1870, λόγω καλύτερων εργαλειομηχανών και φθηνότερων μετάλλων. Βελτιωμένες λιμενικές εγκαταστάσεις και χειρισμός του φορτίου, είχαν ως αποτέλεσμα ταχύτερες στάσεις στα λιμάνια.

Ο δεύτερος λόγος ήταν ως «στρατηγικές άμυνες» από τα ιστιοφόρα. Η πρώτη εξ αυτών ήταν η τεχνολογική καινοτομία. Η χωρητικότητα φορτίου αυξήθηκε από την κατασκευή μεγαλύτερων ιστιοφόρων πλοίων με σύνθετα σκάφη τη δεκαετία του 1860 και με σιδερένια σκάφη τη δεκαετία του 1870. Για να μειωθούν τα κόστη του πληρώματος, χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα εξοικονόμησης εργασίας, τα οποία εξοικονόμησαν το 70% του πληρώματος. Υψηλότερη ταχύτητα επιτεύχθηκε με νέα και μεγαλύτερα σκάφη και πρόσθετους ιστούς. Μια δεύτερη «αμυντική στρατηγική» των ιστιοφόρων ήταν η διείσδυση σε νέες αγορές, όπου τα φορτία αποτελούνταν από πρώτες ύλες (σίδηρος και άνθρακας, ρύζι, μαλλί, νιτρικό λίπασμα (γκουανό), σιτάρι), όπου το χαμηλό κόστος ήταν πιο σημαντικό κριτήριο επιλογής από την υψηλή ταχύτητα.

Ο τρίτος λόγος για τη σταδιακή διάδοση των ατμόπλοιων ήταν οι διαδικασίες αναδιάρθρωσης σε ευρύτερες διαστάσεις του ναυτιλιακού καθεστώτος. Λιμάνια διευρύνθηκαν και εμβαθύνθηκαν καθώς το μέγεθος τα ατμόπλοιων αυξήθηκε, αναπτύχθηκαν νέες λιμενικές εγκαταστάσεις και σταθμοί ανεφοδιασμού. Η ναυπήγηση ήταν ριζικά μεταμορφωμένη λόγω της μετάβασης από τα ξύλινα ιστιοφόρα, στα ατμόπλοια σιδήρου. Τα σιδερένια πλοία απαιτούσαν πολύ διαφορετικές δεξιότητες κατασκευής (π.χ. πριτσίνια) και τεχνολογίες διεργασιών (π.χ. θέρμανση, σφυρηλάτηση και διάτρηση σιδήρου). Νέοι θύλακες εργασίας εμφανίστηκαν σε ναυπηγεία, ενώ οι εργαζόμενοι χρειάζονταν εξειδικευμένα εργαλεία και μηχανήματα για την κατεργασία του σιδήρου. Πολλοί ναυπηγοί δεν μπορούσαν ή δεν ήθελαν να πραγματοποιήσουν αυτές τις αλλαγές και συνέχισαν να κατασκευάζουν ξύλινα πλοία. Ένας άλλος σημαντικός μετασχηματισμός ήταν η εισαγωγή της επιστήμης και της μηχανικής. Ενώ η ναυπηγική ήταν πάντα ένα βιοτεχνικό επάγγελμα, σταδιακά μεταμορφώθηκε σε μια εφαρμοσμένη επιστήμη. Ναυτικά ερευνητικά ιδρύματα δημιουργήθηκαν τη δεκαετία του 1870. Όσον αφορά στη διαχείριση του στόλου η εισαγωγή του θαλάσσιου τηλεγραφικού καλωδίου στα τέλη του 1860 και στις αρχές της δεκαετίας του 1870 είχε τεράστιο αντίκτυπο. Δεν παρείχε μόνο ενημερωμένες πληροφορίες για τις τιμές των βασικών προϊόντων και τις αγορές ανά τον κόσμο, αλλά και πολύ πιο αυστηρό και συγκεντρωτικό έλεγχο των πλοίων. Για τον έλεγχο του ανταγωνισμού και της αθέμιτης αντιπαλότητας, οι εταιρείες τακτικών γραμμών δημιούργησαν έναν νέο θεσμό της αγοράς: τη ναυτιλιακή διάσκεψη. Δημιουργήθηκε το 1875 για το εμπόριο της Καλκούτας και αυτά τα συνέδρια ήταν επίσημες, συχνά νομικά δεσμευτικές συμφωνίες με σκοπό να περιορίσουν τον ανταγωνισμό και να σταθεροποιήσουν τις συνθήκες της αγοράς.

5.4. Ανάλυση και ορισμένοι μηχανισμοί στη μετάβαση



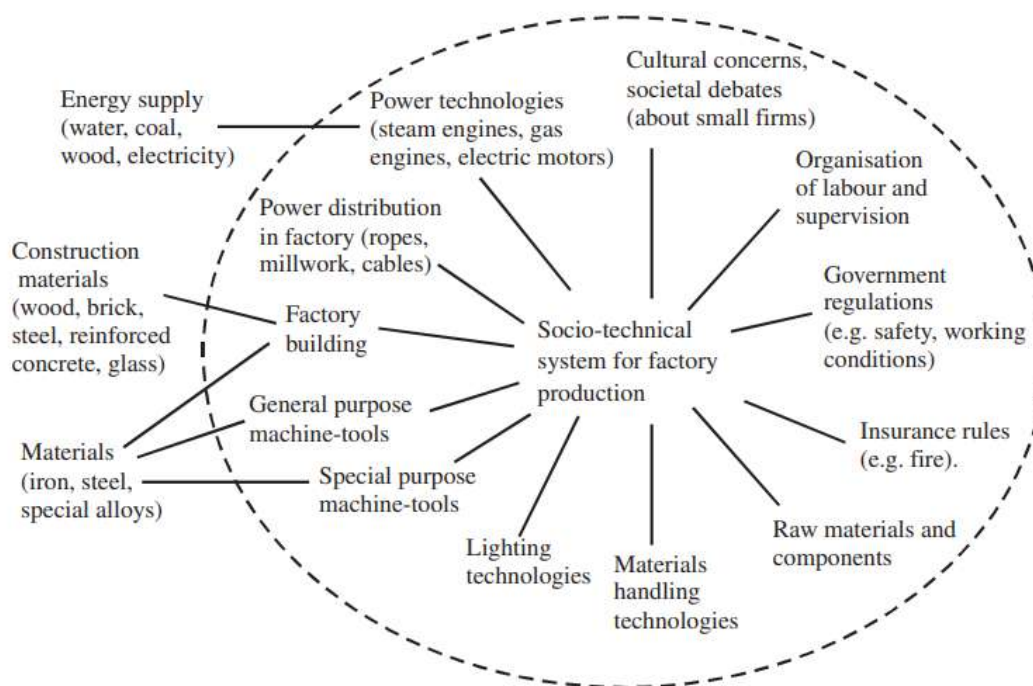
Σχήμα 19: Τροχιά συσσώρευσης θυλάκων για την ανακάλυψη των ατμόπλοιων

Το παραπάνω σχήμα υποδηλώνει ότι οι θύλακες περιμένουν «εκεί έξω». Αυτή είναι μια λανθασμένη απλοποίηση, επειδή πολλοί θύλακες δημιουργήθηκαν από εξελίξεις στο ευρύτερο τοπίο. Επιπλέον, η εξέλιξη μιας τεχνολογίας σε ένα νέο θύλακα δεν είναι εύκολη διαδικασία, αλλά περιλαμβάνει πειραματισμό, διαδικασίες μάθησης, προσαρμογές και αναδιαμορφώσεις. Έτσι, παλιά και νέα τεχνολογία δεν ανταγωνίζονται άμεσα, αλλά σχηματίζουν ένα είδος συμβίωσης. Άνοιξαν νέες ευκαιρίες που οδήγησαν παράγοντες σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Αυτό που αρχικά μπορεί να εμφανιστεί ως μια επανάσταση, αποδεικνύεται ότι είναι η εξέλιξη μιας σειράς προσαρμογών και αλλαγών στο πέρασμα του χρόνου. Σύμφωνα με την “δυναμική του καταράκτη” (cascade effect), αλλαγή σε ένα στοιχείο του καθεστώτος προκαλεί αλλαγές σε άλλα στοιχεία τα οποία, με τη σειρά τους, πυροδοτούν περαιτέρω αλλαγές.

6. Μελέτη περίπτωσης: ο μετασχηματισμός της αμερικανικής εργοστασιακής παραγωγής (1850-1930)

Αυτή η μελέτη περίπτωσης περιγράφει τον μετασχηματισμό της αμερικανικής εργοστασιακής παραγωγής (1850-1930). Η εργοστασιακή παραγωγή είναι ένα σύνθετο κοινωνικοτεχνικό σύστημα, με πολλά τεχνικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένου εργαλειομηχανών, πηγών ισχύος, διανομή ισχύος σε εργαλειομηχανές, εργοστάσια, τεχνολογίες χειρισμού υλικών και τεχνολογίες φωτισμού. Το Σχήμα 20 απεικονίζει αυτά τα στοιχεία και τις σχέσεις τους. Τα κοινωνικά στοιχεία είναι επίσης σημαντικά (οργάνωση της εργασίας, κυβερνητικοί

κανονισμοί, ασφαλιστικοί κανόνες και πολιτιστικές ανησυχίες σχετικά με την επιβίωση των μικρών επιχειρήσεων), ενώ παράγονται και συντηρούνται από μία πλειάδα κοινωνικών ομάδων: βιομηχανικοί μηχανικοί, ιδιοκτήτες εργοστασίων, επόπτες, εργάτες, κατασκευαστές εργαλειομηχανών, προμηθευτές ενέργειας και κατασκευαστές ατμομηχανών και ηλεκτρομηχανών.



Σχήμα 20: Κοινωνικοτεχνικό σύστημα στην εργοστασιακή παραγωγή

Η μελέτη περίπτωσης θα δείξει ότι η μετάβαση από τα παραδοσιακά εργοστάσια στη μαζική παραγωγή ήταν μια διαδικασία σταδιακής αναδιάρθρωσης που περιλάμβανε αλλαγές σε όλες τις πτυχές του κοινωνικοτεχνικού συστήματος. Η μελέτη περίπτωσης επικεντρώνεται στις ΗΠΑ, διότι εκεί έγινε η μετάβαση για πρώτη φορά, ενώ δεν εστιάζει ιδιαίτερα σε διοικητικά και οργανωτικά ζητήματα, αλλά εξετάζει στην εργοστασιακή παραγωγή. Επιπλέον, η μελέτη δίνει μεγαλύτερη προσοχή στο προϊόν και τις βιομηχανίες συναρμολόγησης με έμφαση στα μεγάλα εργοστάσια παρά στις βιομηχανίες επεξεργασίας. Σκοπό έχει να μειώσει την ιστορική πολυπλοκότητα για να φανερώσει συγκεκριμένα μοτίβα και μονοπάτια. Η μελέτη περίπτωσης χωρίζεται σε τέσσερις χρονικές περιόδους και μέσα σε κάθε περίοδο συζητούνται εξελίξεις σε επίπεδο τοπίου, καθεστώτος και θύλακα.

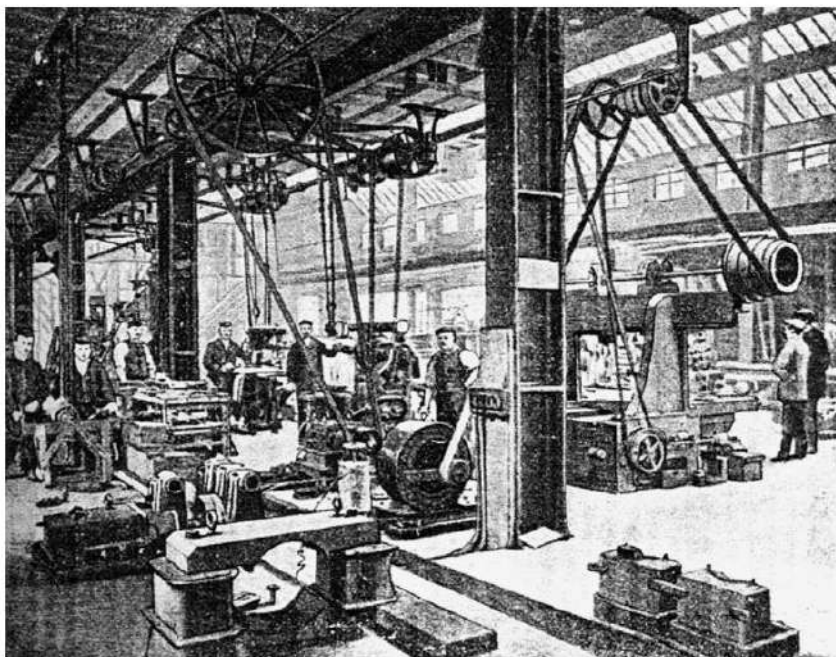
6.1. Επέκταση και προβλήματα στα παραδοσιακά εργοστάσια (1850-1880)

6.1.1. Εξελίξεις σε επίπεδο τοπίου

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του Αμερικής ήταν η έλλειψη ειδικευμένου βιοτεχνικού εργατικού δυναμικού, η οποία οδήγησε σε υψηλότερους μισθούς από ότι στην Ευρώπη. Αυτό έδωσε στη διεύθυνση επιπρόσθετο κίνητρο για μεγαλύτερη μηχανοποίηση και χρήση ανειδίκευτου προσωπικού, η οποία ήταν διαθέσιμη λόγω της άφθονης εισροής μεταναστών. Μια άλλη ανάπτυξη τοπίου ήταν η κατασκευή ενός εθνικού σιδηροδρομικού δικτύου το 1840 και το 1850, το οποίο διευκόλυνε τη μεταφορά άνθρακα σε πόλεις, μείωσε την τιμή του και προκάλεσε τη μετάβαση από τους υδρόβιους τροχούς στις ατμομηχανές. Ο πληθυσμός υπερτριπλασιάστηκε μεταξύ 1850 και 1900, και το εισόδημα ήταν κατανομημένο πιο ομοιόμορφα από ό,τι στη Βρετανία, ευνοώντας την παραγωγή τυποποιημένων προϊόντων και τις οικονομίες κλίμακας στην παραγωγή. Αυτά τα κίνητρα στην αγορά και οι νέες τεχνολογίες διαδικασίας (φούρνοι μεγάλης κλίμακας και διυλιστήρια πετρελαίου) προώθησαν την εμφάνιση εταιρειών μεγάλης κλίμακας σε ορισμένες βιομηχανίες (π.χ. χάλυβας, πετρέλαιο, μέταλλα). Τα χρόνια μετά τον εμφύλιο πόλεμο (1861-1865) είδαν την άνοδο των μεγάλων επιχειρήσεων, με τη βιομηχανία να αναπτύσσεται με ταχύ ρυθμό. Η δημόσια γνώμη ήταν αμφίσημη για την άνοδο των μεγάλων βιομηχανιών: αφενός φιλόδοξοι επιχειρηματίες, αφετέρου ανησυχίες πως οι μεγάλες βιομηχανίες θα επισκιάζουν τις μικρότερες. Μέχρι τα τέλη του 19ου αιώνα, η περισσότερη παραγωγή έγινε σε μικρά εργαστήρια που παρείχαν περισσότερες θέσεις εργασίας από τη μεγάλη βιομηχανία. Πολλοί δημοσιογράφοι, πολιτικοί και οικονομολόγοι συντάχθηκαν με τα μικρά εργαστήρια και ιδρύματα.

6.1.2. Εξελίξεις σε επίπεδο καθεστώτος

Στο καθεστώς της εργοστασιακής παραγωγής, μια σημαντική εξέλιξη ήταν η μετατόπιση από το νερό στην ατμοηλεκτρική ενέργεια, σε συνδυασμό με τη μείωση της τιμής του άνθρακα. Έτσι ευνοήθηκαν περαιτέρω η διαδικασία μηχανοποίησης και ο καταμερισμός της εργασίας. Κατανέμοντας μια εργασία σε μικρότερες και απλούστερες εργασίες, κατέστη δυνατή η χρήση των εργαλειομηχανών από ημειδικευόμενο και ανειδίκευτο προσωπικό.



Σχήμα 21: Μύλος (άξονες, ζώνες) σε εργοστάσια του 19ου αιώνα

Για να εξυπηρετηθεί ο αυξανόμενος αριθμός μηχανημάτων και εργαζομένων, δημιουργήθηκε ένα νέο είδος κτιρίου, ο υφαντικός μύλος, ένα πολυώροφο, μακρύ, στενό κτίριο. Η δομή των κτιρίων μύλων περιορίστηκε από την ενέργεια, το φωτισμό και τις τεχνολογίες της εποχής αναφορικά με το κτίριο. Τα κτίρια είχαν πολλούς ορόφους και τα προϊόντα μετακινούνταν κάθετα με γερανούς και ανελκυστήρες, κάτι που ήταν προτιμότερο από την οριζόντια μετακίνηση με καροτσάκια ή ζώα. Η ισχύς διανεμόταν μηχανικά από μια κεντρική πηγή ισχύος (τροχός νερού ή μηχανή ατμού) σε μεμονωμένες μηχανές σε ολόκληρο τον μύλο με μια σειρά από άξονες και ιμάντες, το λεγόμενο «millwork» ή σύστημα άμεσης κίνησης. Η κεντρική πηγή ισχύος γύριζε άξονες γραμμής μέσω τροχαλιών και δερμάτινων ιμάντων. Αυτοί οι άξονες γραμμής αναρτήθηκαν από την οροφή και επεκτείνονταν σε όλο το μήκος κάθε ορόφου. Το σύνολο του δικτύου των αξόνων γραμμής και των αντιστροφών αξόνων περιστρέφονταν συνεχώς, από τη στιγμή που ο ατμοκινητήρας ξεκινούσε το πρωί μέχρι να κλείσει τη νύχτα, ανεξάρτητα από το πόσες μηχανές χρησιμοποιούνταν στην πραγματικότητα. Τα κτίρια των μύλων ήταν μακριά, γιατί οι μηχανές τοποθετούνταν παράλληλα στον άξονα γραμμής. Αλλά τα κτίρια δεν θα μπορούσαν να είναι πολύ μακροσκελή λόγω απώλειας ισχύος μέσω τριβής στους άξονες. Ως εκ τούτου, οι μηχανές άρχισαν να τοποθετούνται σε διαφορετικούς ορόφους και τροφοδοτούνταν από έναν κάθετο άξονα που εκτείνονταν κατακόρυφα μέσα από τρύπες στο πάτωμα κάθε ορόφου. Τα κτίρια των μύλων ήταν στενά, επειδή βασίζονταν κυρίως στο φυσικό φως. Τα παράθυρα δεν θα μπορούσαν να είναι μεγάλα, διότι αυτό υπονόμειε την αντοχή των εξωτερικών τοίχων, που αποτελούνταν από ξύλο και τούβλα.

Ένα σημαντικό γεγονός σε επίπεδο καθεστώτος ήταν η ανάπτυξη και η χρήση εργαλειομηχανών. Η κλωστοϋφαντουργία παρείχε χώρο για την ανάπτυξη μηχανών περιστροφής και ύφανσης, ενώ η μεταλλουργία για την ανάπτυξη βαρέων εργαλειομηχανών γενικής χρήσης (τόρνοι, πλάνες, βαρετό μηχανήματα). Στη βαριά βιομηχανία αναπτύχθηκαν επίσης ελαφρύτερες, πιο εξειδικευμένες

εργαλειομηχανές (πυργίσκοι τόρνοι, μηχανήματα άλεσης, μύλοι ακριβείας), ενώ κατά τη δεκαετία του 1830 και του 1840 επετεύχθη η κατασκευή με ακρίβεια ανταλλακτικών χρησιμοποιώντας εργαλειομηχανές ειδικού σκοπού. Η βιομηχανία πυροβόλων όπλων συνέβαλε επίσης στην ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος εργαλείων και αξεσουάρ για την παραγωγή μεταλλικών εξαρτημάτων ακριβείας. Δύο ιδιαίτερα ευέλικτες εργαλειομηχανές ήταν η μηχανή άλεσης και ο πυργίσκος τόρνος. Επειδή η κατεργασία μετάλλων περιλάμβανε σχετικά μικρό αριθμό εργασιών (στροφή, διάτρηση, σχεδιασμός, άλεση, στίλβωση), καινοτομίες εργαλειομηχανών σε έναν τομέα θα μπορούσαν εύκολα να διαδοθούν σε άλλους τομείς, δημιουργώντας θετική ανταπόκριση. Από το 1850 έως το 1870, η βιομηχανία ραπτομηχανών παρείχε χώρο για περαιτέρω καινοτομίες που αργότερα χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή ποδηλάτων και αυτοκινήτων.

Υπήρχαν πολλά προβλήματα στο καθεστώς παραγωγής του εργοστασίου, τα οποία επηρέασαν την κατεύθυνση της καινοτομίας. Το κόστος εργασίας ήταν ένα πρόβλημα, δημιουργώντας κίνητρα για μηχανοποίηση. Ένα δεύτερο πρόβλημα στα εργοστάσια μύλων ήταν ο ανεπαρκής φωτισμός λόγω των μικρών παραθύρων. Ένα τρίτο πρόβλημα ήταν ο μύλος στα εργοστάσια, ο οποίος δεν επέτρεπε την προτιμητέα οργάνωση και ανεξαρτησία των μηχανημάτων. Ο μύλος δημιουργούσε επίσης πολλή σκόνη, έκανε πολύ θόρυβο και πολλοί εργαζόμενοι τραυματίζονταν. Ήταν επίσης δύσκολο στην επισκευή γιατί σήμαινε ότι έπρεπε να σταματήσει ολόκληρη η συσκευή. Υπήρχε επίσης πρόβλημα σε μικρούς χώρους εργασίας (π.χ. τσαγκάρηδες, ράφτες, σιδηρουργοί, ελαιοτριβεία, τροχοί, αρτοποιοί) και μικρές βιομηχανίες (ρούχα, εκτυπωτές και εκδότες, ποτά). Για αυτά τα μέρη, οι ατμομηχανές ήταν πολύ ογκώδεις και παρήγαγαν υπερβολική ισχύ για τα λίγα μηχανήματα που χρησιμοποιούνταν, όπως το πριόνι ή ο λίθος αλέσματος. Επιπλέον, η ατμομηχανή και ο λέβητας καταλάμβαναν χώρο και απαιτούσαν αποθήκευση καυσίμων, παροχή νερού και σε κάποιο βαθμό ικανότητα συντήρησης. Ένα άλλο πρόβλημα ήταν η τριβή και η απώλεια ισχύος, ειδικά σε μακροσκελή εργοστάσια. Ως εκ τούτου, δόθηκε μεγάλη προσοχή στην ανάπτυξη νέων λιπαντικών από ορυκτά και στη συντήρηση.

6.1.3. Εξελίξεις σε επίπεδο θύλακα

Σε απάντηση σε αυτά τα προβλήματα του καθεστώτος, πολλές καινοτομίες ήταν πρωτοποριακές σε επίπεδο θύλακα, όπως σε ορισμένες βιομηχανίες μεταποίησης. Στη δεκαετία του 1850 και του 1860, πειράματα δοκιμάστηκαν με εναέριους μεταφορείς, αλυσίδες και κινούμενους πάγκους, για την εξάλειψη του χειροκίνητου χειρισμού. Σε αυτήν τη «γραμμή αποσυναρμολόγησης», το προϊόν αποσυναρμολογούνταν καθώς περνούσε από κάθε σταθμό του εργοστασίου.

Σε απάντηση στα προβλήματα διανομής ενέργειας, μία καινοτομία ήταν η διανομή ατμού, η οποία έλαβε μεγάλη προσοχή την περίοδο 1860 με 1870. Ο ατμός δημιουργούνταν κεντρικά και στη συνέχεια διανέμονταν μέσω μονωμένων σωλήνων ατμού σε αποκεντρωμένες ατμομηχανές. Αυτή η επιλογή δοκιμάστηκε σε ορισμένες επιχειρήσεις αλλά δεν βρέθηκε ικανοποιητική, κυρίως λόγω των υψηλών απωλειών θερμότητας στις σωληνώσεις ατμού. Άλλη καινοτομία ήταν η υδραυλική μετάδοση ισχύος, η οποία διένεμε πεπιεσμένο νερό από σωλήνες στο σημείο χρήσης. Αλλά η

υδραυλική ισχύς ήταν λιγότερο αποτελεσματική σε κρύο κλίμα και στη χρήση υψηλών ταχυτήτων ροής σε σωλήνες λόγω των τυρβωδών απωλειών τριβής. Έτσι το πρόβλημα της διανομής ενέργειας στα εργοστάσια παρέμεινε άλυτο.

Ανταποκρινόμενοι στις ανάγκες των χρηστών μικρής ισχύος, ριζικά νέοι κινητήρες αναπτύχθηκαν το 1860 και το 1870, συμπεριλαμβανομένων κινητήρων θερμού αέρα, εσωτερικής καύσης, υδραυλικών κινητήρων και άλλων. Αυτές οι εναλλακτικές τεχνικές ισχύος ήταν πηγές ενθουσιασμού και ελπίδας, εκτίθενται σε διεθνείς εκθέσεις και συζητούνταν σε δημοφιλή και τεχνικά περιοδικά. Ο βενζινοκινητήρας ήταν πιο ευέλικτος και συμπαγής από τους κινητήρες ατμού, και μπορούσε εύκολα να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί.

Μια άλλη καινοτομία ήταν η ηλεκτρική ενέργεια, η οποία εμφανίστηκε στα τέλη του 18ου αιώνα ως θέμα επιστημονικού ενδιαφέροντος. Η πρακτική χρήση ωστόσο των ηλεκτρικών κινητήρων παρέμεινε περιορισμένη λόγω της χαμηλής απόδοσης τους και των βαρέων μπαταριών. Το δυναμό Gramme (1869) αύξησε την αποτελεσματικότητα μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική. Κινητήρες μικρών μπαταριών εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1870 για ελαφριές χρήσεις, όπως τα οδοντιατρικά τρυπάνια, οι τόννοι κοσμηματοπωλείων, μικροί ανεμιστήρες και εκκλησιαστικά όργανα.

6.2. Εντατικοποίηση των εργοστασιακών προβλημάτων και υιοθέτηση νέων στοιχείων (1880–1900)

6.2.1. Εξελίξεις σε επίπεδο τοπίου

Οι τελευταίες δεκαετίες του 19ου αιώνα χαρακτηρίστηκαν από πολλές σημαντικές αλλαγές σε επίπεδο τοπίου. Μία από αυτές ήταν η συνεχιζόμενη επέκταση των μεγάλων βιομηχανικών επιχειρήσεων, οι οποίες κατασκεύαζαν μεγάλα εργοστάσια που κάλυπταν μεγάλες περιοχές, κάτι που προσέθετε στα προβλήματα της διανομής ισχύος. Σε αντίθεση με την άνοδο των μεγάλων επιχειρήσεων, υπήρχε συνεχής ανησυχία για την επιβίωση των μικρών εργαστηρίων, που θεωρήθηκαν ως η ηθική ραχοκοκαλιά της χώρας. Ωστόσο οι πολιτικοί απέφυγαν να παρέμβουν στην οικονομία. Αυτό ήταν κάπως διαφορετικό στις ευρωπαϊκές χώρες, όπου υπήρχαν περισσότερα ανεπτυγμένα συνδικάτα και σοσιαλιστικά πολιτικά κόμματα.

Μια άλλη αλλαγή ήταν η άνοδος των μηχανικών ως μια νέα επαγγελματική ομάδα. Οι μηχανικοί θεωρούνταν προοδευτικοί και απολάμβαναν την κοινωνική εκτίμηση και το σεβασμό για τις συνεισφορές τους σε δημόσια έργα, ενώ στα τέλη της δεκαετίας του 1880, άρχισαν να ιδρύονται ως επαγγελματική ομάδα και οι βιομηχανικοί μηχανικοί.

Μια άλλη σημαντική ανάπτυξη σε επίπεδο τοπίου ήταν η ηλεκτροδότηση της κοινωνίας, η οποία έγινε ταχύτατα. Το 1882 ο Thomas Edison άνοιξε το πρώτο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας κεντρικού σταθμού, για υποστήριξη ηλεκτρικού φωτισμού με βελτιωμένους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Ακολούθησαν τα ηλεκτρικά τραμ (1880) και η πρώιμη χρήση ηλεκτρικών κινητήρων στην βιομηχανία το 1890.

6.2.2. Εξελίξεις σε επίπεδο καθεστώτος

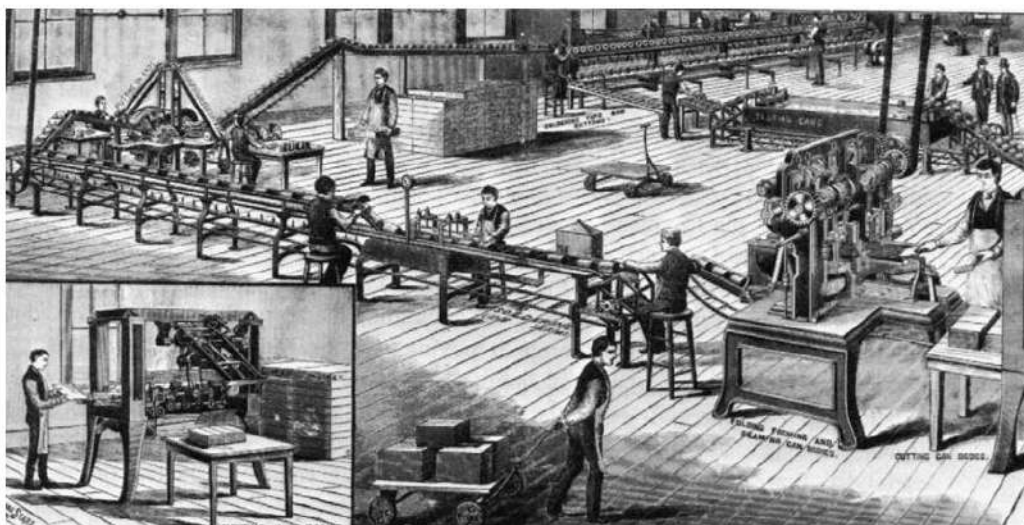
Η ανάπτυξη και η διάδοση νέων εργαλειομηχανών επιταχύνθηκε τη δεκαετία του 1880. Η βιομηχανία ποδηλάτων έπαιξε σημαντικό ρόλο επειδή τα ποδήλατα συναρμολογούνταν από πολλά ανταλλακτικά (πεντάλ, μανιβέλες, τιμόνια, αρμοί, πιρούνια, κόμβοι, ακτίνες, γρανάζια) τα οποία σφυρηλατούνταν στις εγκαταστάσεις της εταιρείας. Αυτά τα μέρη στη συνέχεια μεταφέρονταν στο μηχανοστάσιο για να τελειοποιηθούν μέσω επιπρόσθετων κατεργασιών. Αυτή ήταν μια χρονοβόρα διαδικασία που περιλάμβανε πολλές διεργασίες και εργαλειομηχανές (τόρνος, πρέσα τρυπανιών, μηχανή άλεσης, μηχανήματα χύτευσης). Η διαδικασία κατασκευής εξαρτημάτων εξελίχθηκε τη δεκαετία του 1890 και επιταχύνθηκε η συναρμολόγηση του ποδηλάτου δεδομένου ότι κάθε μέρος εφάρμοζε με ακρίβεια.

Μια δεύτερη εξέλιξη ήταν η αυξανόμενη κλίμακα των εργοστασίων, η οποία ανέδειξε ένα φάσμα προβλημάτων. Ένα από αυτά ήταν ο χειρισμός, η μεταφορά και η διαθεσιμότητα των υλικών. Εξαρτήματα και ημιτελή προϊόντα μεταφέρονταν χειρωνακτικά, με το καροτσάκι ή την άμαξα μεταξύ των σταθμών εργασίας και των εργαλειομηχανών, ώστε οι χειριστές μηχανημάτων να έχουν διαθέσιμα τα απαραίτητα ανταλλακτικά και υλικά. Τα προβλήματα του παρελθόντος επίσης παρέμειναν, με κυρίαρχα αυτών την απώλεια ισχύος λόγω τριβών, το χωροταξικό πρόβλημα που δημιουργούσε η παρουσία του μύλου και ο ελλιπής φωτισμός.

6.2.3. Υιοθέτηση και διάδοση εξειδικευμένων καινοτομιών

Όσον αφορά τον χειρισμό υλικών, καινοτομίες από την προηγούμενη περίοδο κέρδισαν έδαφος. Πραγματοποιήθηκαν περισσότερα πειράματα με μια σειρά τεχνικών, όπως συστήματα μεταφοράς που βασίζονταν σε ηλεκτρικούς γερανούς και σιδηροδρόμους. Οι ηλεκτρικοί γερανοί και οι σιδηρόδρομοι βοήθησαν στην ανακούφιση του προβλήματος του χειρισμού των υλικών σε κάποιο βαθμό, αλλά όχι στη λύση του. Στις μεταποιητικές βιομηχανίες, τεχνολογίες χειρισμού των υλικών αντικαταστάσαν όλο και περισσότερο τον χειροκίνητο χειρισμό.

Το πρόβλημα του ανεπαρκούς φωτισμού παρείχε ένα παράθυρο ευκαιρίας για την ηλεκτρική ενέργεια. Σε μερικά εργοστάσια, ηλεκτρικοί λαμπτήρες κρέμονται πάνω από μεμονωμένα μηχανήματα, αλλά οι λαμπτήρες είχαν χαμηλή ισχύ και περιορισμένο εύρος φωτισμού. Με ηλεκτρικό φως, εργοστάσια βρήκαν την ικανότητα να αξιοποιήσουν ηλεκτρικές τεχνολογίες (π.χ. γεννήτρια, λαμπτήρες, καλώδια, μετρητές). Τα εργοστάσια δημιούργησαν επίσης εσωτερικά ηλεκτρικά κυκλώματα.



Σχήμα 22: Μηχανήματα κατασκευής κουτιών το 1885 (American Machinist, July 14 1885)

Υπήρχαν επίσης νέα υλικά που εισήλθαν στο καθεστώς και συνέβαλαν σε βελτιώσεις μηχανημάτων και κτιρίων. Μεταξύ 1870 και 1900, ο χάλυβας αναπτύχθηκε από μια μικρή βιομηχανία σε μια κυρίαρχη μεταποιητική επιχείρηση. Ο ηλεκτρικός κλίβανος επέτρεψε την παραγωγή χάλυβα με λιγότερη μόλυνση, η οποίος ήταν απαραίτητος για την παραγωγή χαλύβδινων κραμάτων υψηλής ποιότητας. Κράματα χάλυβα με υψηλή αντοχή και ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιήθηκαν στον εξοπλισμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέποντας υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις οδηγώντας σε μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου και χαμηλότερο κόστος. Τα νέα υλικά είχαν ως αποτέλεσμα βελτιώσεις στην ακρίβεια και την ταχύτητα των εργαλειομηχανών. Αυτά τα βελτιωμένα εργαλεία μηχανών κατέστησαν δυνατή την πιο αποτελεσματική διαμόρφωση του χάλυβα. Λόγω της αντοχής του, ο χάλυβας επηρέασε επίσης το σχήμα των κτιρίων. Οι χαλύβδινοι δοκοί θα μπορούσαν να εκτείνονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις, κάτι που επέτρεψε τη δημιουργία μεγάλων ανοιχτών περιοχών, εξοικονομώντας χώρο και δημιουργώντας περισσότερη ελευθερία στην οργάνωση μηχανών. Ο χάλυβας έπαιξε επίσης ρόλο σε ένα νέο δομικό υλικό – το ενισχυμένο σκυρόδεμα, το οποίο χρησιμοποιούσε εμφυτευμένες χαλύβδινες ράβδους στο εσωτερικό τσιμεντένιων κατασκευών. Μεταξύ 1880 και 1900, η διαμόρφωση κτιρίων με στήλες και δοκούς ενισχυμένου σκυροδέματος έγινε πραγματικότητα.

Τα προβλήματα του καθεστώτος και οι νέες καινοτομίες παρείχαν ένα παράθυρο ευκαιρίας ώστε οι βιομηχανικοί μηχανικοί να αναδειχθούν πολύτιμο εργαλείο επίλυσης προβλημάτων και παράγοντα αλλαγής. Ενώ το εργοστάσιο στο παρελθόν ήταν απλά ένα κέλυφος για να παρέχει προστασία από τον καιρό, οι βιομηχανικοί μηχανικοί το προσέγγισαν ως το κυρίαρχο σύστημα. Η κατευθυντήρια αρχή τους ήταν να κάνουν ολόκληρα τα εργοστάσια πιο λογικά και αποτελεσματικά. Ήταν υπεύθυνοι για τον επανασχεδιασμό του εργοστασίου χρησιμοποιώντας νέα υλικά όπως χάλυβα, ενισχυμένο σκυρόδεμα και εξειδικευμένες εργαλειομηχανές. Επικεντρώθηκαν επίσης στους εργαζόμενους, τους οποίους είδαν ως μέρος της «μηχανής». Ο Τέιλορ

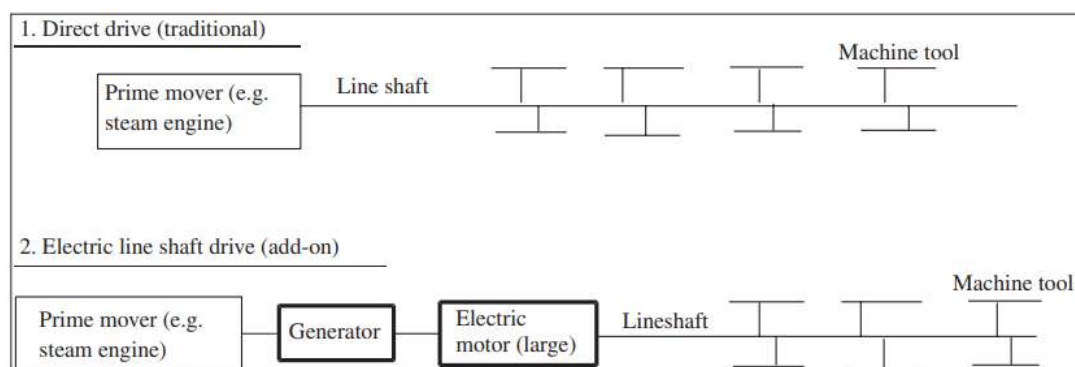
ανέπτυξε την «επιστημονική του διαχείριση» χρησιμοποιώντας χρονικές μελέτες και οικονομικά κίνητρα με σκοπό την αυξημένη παραγωγικότητα των εργαζομένων. Υποστήριξε επίσης την περαιτέρω κατανομή της εργασίας και την περαιτέρω χρήση εργαλειομηχανών ειδικής χρήσης, καθώς αυτό αντικατέστησε ακριβούς τεχνίτες με φθηνότερους, ανειδίκευτους εργάτες.

6.2.4. Εξέλιξη θυλάκων στις πηγές ενέργειας

Οι νέες πηγές ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά σε εξειδικευμένες μικρές αγορές για την κάλυψη των αναγκών μικρών εργαστηρίων. Στις αρχές της δεκαετίας του 1880, χρησιμοποιήθηκαν πολύ μικροί ή κλασματικοί ηλεκτρικοί κινητήρες από μικρούς χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας. Ενώ οι μεγάλοι χρήστες ισχύος μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις υπάρχοντες ατμομηχανές τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι χρήστες λιγότερης ισχύος εξαρτώνταν από επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Αλλά τα ηλεκτρικά δίκτυα δεν ήταν (ακόμη) ευρέως διαθέσιμα και η ηλεκτρική ενέργεια ήταν ακριβή. Επιπλέον, οι ηλεκτρικοί κινητήρες ήταν ακριβοί επειδή ήταν χειροποίητοι.

Πρόσφορο έδαφος βρήκαν ακόμα οι ηλεκτρικοί κινητήρες στην τροφοδοσία ανεμιστήρων, οι οποίοι συνέβαλαν στον καθαρισμό του αέρα και την αφαίρεσης σκόνης και τον ηλεκτρικό γερανό, αλλά και στο ηλεκτρικό τραμ, καθιστώντας το μια απόδειξη ότι οι ηλεκτρικοί κινητήρες είχαν γίνει ισχυροί και ανθεκτικοί.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1890, βιομηχανίες μεσαίου μεγέθους άρχισαν να χρησιμοποιούν κινητήρες DC. Αυτές οι βιομηχανίες ήταν πρόθυμες να δεχτούν τα πρώιμα προβλήματα των ηλεκτρικών κινητήρων επειδή εκτίμησαν τα ειδικά χαρακτηριστικά λειτουργίας τους: καθαριότητα, σταθερή ισχύς, ταχύτητα και ευκολία ελέγχου. Ένα πρόβλημα με το παραδοσιακό μύλο ήταν τα μηχανήματα μακριά από τον ατμομηχανή λειτουργούσαν ακανόνιστα, με αποτέλεσμα την κακή ποιότητα εργασίας. Ηλεκτρικοί κινητήρες για καθένα άξονα εξάλειψαν αυτό το πρόβλημα, βελτιώνοντας την ταχύτητα εργασίας και την ποιότητα του προϊόντος. Η νέα τεχνολογία αντιπαρατέθηκε στο πλαίσιο του παλαιού συστήματος ως πρόσθετο. Η μηχανή ατμού διατηρήθηκε, αλλά δόθηκε μια νέα λειτουργία, δηλαδή, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το Σχήμα 23 απεικονίζει σχηματικά αυτήν την αλλαγή από την άμεση κίνηση σε άξονα-οδηγό ηλεκτρικής γραμμής.



Σχήμα 23: Από άμεσο σε ηλεκτροφόρο άξονα

Οι πρώτοι ηλεκτρικοί κινητήρες χρησιμοποιούσαν συνεχές ρεύμα (DC), διότι μόνο αυτό μπορούσαν να παρέχουν τα πρώιμα ηλεκτρικά δίκτυα. Αλλά όταν εμφανίστηκε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) για ηλεκτρικό φωτισμό, ξέσπασε μία μάχη προτύπων την περίοδο μεταξύ 1887 και 1895, όπου κυριάρχησε το εναλλασσόμενο ρεύμα. Μέχρι το 1900, είχε αρχίσει να εμφανίζεται μια νέα ηλεκτρο-τεχνική κοινότητα, με αφοσιωμένους παράγοντες, νέο εμπόριο και τεχνικές γνώσεις. Η καινοτόμος δραστηριότητα επικεντρώθηκε στη βελτίωση του κυρίαρχου κινητήρα AC, μειώνοντας παράλληλα τις τιμές. Οι μέχρι τότε επενδύσεις στο υπάρχον σύστημα όμως, συνέβαλαν σε μια απροθυμία αλλαγής του. Οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας δεν ήταν ακόμη ενεργές στην υποστήριξη της διάδοσης του ηλεκτρικού κινητήρα επειδή είδαν τον εαυτό τους, απλώς ως εταιρείες φωτισμού, ενώ πολλά εργοστάσια παρήγαγαν τη δική τους ηλεκτρική ενέργεια (66% μέχρι το 1900).

6.3. Ευρύτερη υιοθέτηση νέων στοιχείων και αλλαγή οράματος και στάσεων (1900-1910)

6.3.1. Εξελίξεις σε επίπεδο τοπίου

Σε επίπεδο τοπίου, η ηλεκτρική ενέργεια έγινε το πολιτιστικό σύμβολο μιας νέας εποχής. Υποσχέσεις για πρόοδο μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας έγιναν μέρος του πολιτιστικού ρεπερτορίου, δημιουργώντας ένα θετικό πλαίσιο για ηλεκτρικούς κινητήρες. Μια άλλη ανάπτυξη τοπίου ήταν η άνοδος των νέων βιομηχανιών, όπως του εξοπλισμού μεταφοράς, του ηλεκτρικού εξοπλισμού και του πετρελαίου. Η περαιτέρω ανάπτυξη των εργοστασίων επιδείνωσε τα προβλήματα στο χειρισμό των υλικών και τη διανομή ισχύος. Άλλη εξέλιξη αποτέλεσε η εμφάνιση του «κινήματος αποτελεσματικότητας». Η αποτελεσματικότητα έγινε μια ευρέως αναγνωρισμένη αρχή στην παραγωγή εργοστασίων, στην οικοδόμηση πόλεων και στα νοικοκυριά.

6.3.2. Εξελίξεις σε επίπεδο καθεστώτος

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, το εργοστασιακό καθεστώς εισήλθε σε μια περίοδο ρευστότητας, ενώ οι βιομηχανικοί μηχανικοί ανέπτυσαν νέες ιδέες και οράματα. Ο χειρισμός υλικών παρέμεινε πιεστικό πρόβλημα σε εργοστάσια που συναρμολογούσαν σύνθετα συγκροτήματα προϊόντων όπως ποδήλατα και αυτοκίνητα. Πολλά υλικά και ανταλλακτικά μετακινούνταν χειροκίνητα, με αποτέλεσμα άνιση τροφοδοσία σε σταθμούς εργασίας. Αυτό σήμαινε ότι οι εργαλειομηχανές δεν μπορούσαν να λειτουργούν συνεχώς. Προγενέστερες λύσεις όπως οι ηλεκτρικοί γερανοί, δεν έλυσαν το πρόβλημα, έτσι οι βιομηχανικοί μηχανικοί άρχισαν να κοιτάζουν προς άλλες κατευθύνσεις, για πιο αποτελεσματική χρήση του χώρου και τοποθέτηση των εργαλειομηχανών. Ροή και απόδοση ήταν όλο και πιο σημαντικές κατευθυντήριες αρχές. Οι βιομηχανικοί μηχανικοί συνειδητοποίησαν ότι η διάταξη του εσωτερικού χώρου επηρέαζε την απόδοση της παραγωγής. Έτσι θεώρησαν ότι ένα νέο αποδοτικό σύστημα παραγωγής χρειαζόταν ένα διαφορετικό εργοστάσιο για μεγαλύτερη διευκόλυνση της παραγωγής. Μια προσέγγιση ήταν το

κτίριο να ταιριάζει στις ανάγκες της παραγωγής και όχι το αντίθετο. Αυτό ήταν σημαντικό επειδή ο αριθμός των εργαλειομηχανών συνέχισε να μεγαλώνει, δημιουργώντας περισσότερα βήματα στις διαδικασίες παραγωγής, πιο γεμάτο από μηχανήματα χώρο και περισσότερες ενδιάμεσες ροές υλικών και ανταλλακτικών.

Στις αρχές του 20ού αιώνα, ο συνδυασμός χάλυβα και σκυροδέματος προσέφερε κάποιες λύσεις στα προβλήματα χώρου και κατασκευής. Έτσι επιτεύχθηκαν οι παρακάτω βελτιώσεις στην κατασκευή εργοστασίων:

(α) Τα κτίρια από ενισχυμένο σκυρόδεμα ήταν ισχυρότερα, επιτρέποντας στα βαριά μηχανήματα να είναι ασφαλώς εγκατεστημένα στους επάνω ορόφους και μείωσε επίσης τους κραδασμούς από τα μηχανήματα

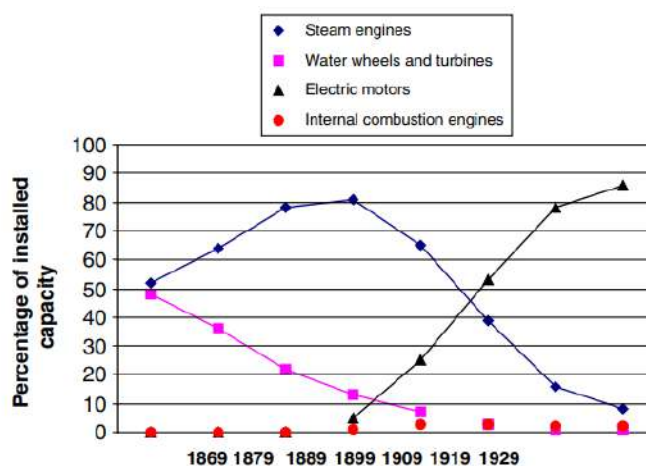
(β) Απαιτούσε λιγότερες εσωτερικές στήλες, εξοικονομώντας έτσι χώρο στο επίπεδο του καταστήματος

(γ) Το κτίριο θα μπορούσε εύκολα να γίνει πολύ μεγαλύτερο

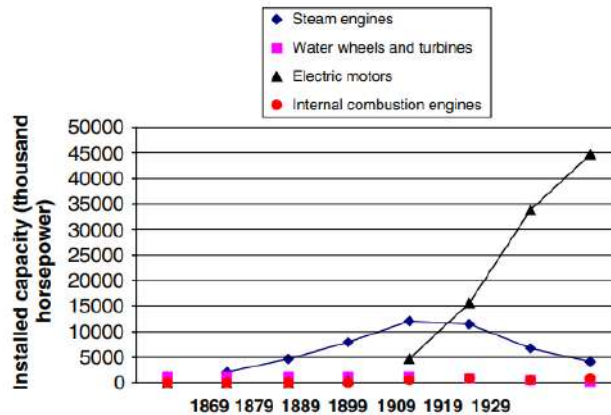
(δ) Το ενισχυμένο σκυρόδεμα ουσιαστικά εξάλειψε τις εργοστασιακές πυρκαγιές που οδήγησαν σε χαμηλότερες τιμές ασφάλισης.

6.3.3. Ευρύτερη υιοθέτηση ηλεκτρικών κινητήρων

Το πρόβλημα της χωροταξίας στα εργοστάσια και τις αναπτυσσόμενες βιομηχανίες προσέφερε ένα παράθυρο ευκαιρίας για τη διάδοση των ηλεκτρικών κινητήρων. Τα Σχήματα 24 και 25 απεικονίζουν τη μετάβαση από τις ατμομηχανές στους ηλεκτρικούς κινητήρες, σε σχετικούς και απόλυτους όρους.



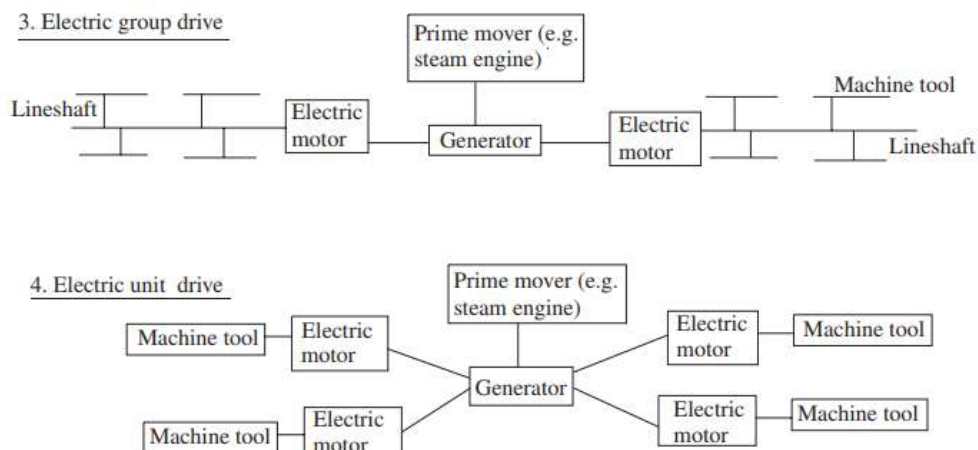
Σχήμα 24: Ποσοστό πηγών μηχανικής κίνησης στις εγκαταστάσεις παραγωγής των ΗΠΑ



Σχήμα 25: Εγκατεστημένη χωρητικότητα πηγών μηχανικής κίνησης σε κατασκευαστικές εγκαταστάσεις των ΗΠΑ

Οι κορυφαίες βιομηχανίες παρείχαν το χώρο για να μαθευτεί ο τρόπος εισαγωγής των ηλεκτρικών κινητήρων στα συστήματα διανομής ισχύος. Καθώς ανακαλύφθηκαν νέες δυνατότητες, τα κατασκευαζόμενα εργοστάσια συχνά επανασχεδιάστηκαν για την καλύτερη δυνατή χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Στην αμερικανική κατασκευή, η εισαγωγή ηλεκτρικών κινητήρων πραγματοποιήθηκε μέσω μιας σταδιακής διαδικασίας υβριδισμού και σταδιακού μετασχηματισμού. Μπορούν να διακριθούν τέσσερις φάσεις:

1. Άμεση κίνηση (παραδοσιακό σύστημα) (Σχήμα 23). Οι ατμομηχανές συνδέονται μηχανικά με τη εργαλειομηχανή μέσω αξόνων, ιμάντων, τροχαλιών κ.λπ.
2. Ηλεκτρικός κινητήριος άξονας (Σχήμα 23). Ένας ηλεκτρικός κινητήρας και μια γεννήτρια προστέθηκαν στο υπάρχον σύστημα (πρόσθετο). Η υπάρχουσα ατμομηχανή χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ηλεκτρισμού, η οποία τροφοδοτούσε έναν μόνο ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος στη συνέχεια οδηγούσε το μύλο.
3. Ηλεκτρική μονάδα κίνησης (Σχήμα 26). Ο παραδοσιακός μύλος χωρίστηκε σε μικρότερες ομάδες μηχανών που τροφοδοτούνται από έναν ηλεκτροκινητήρα.
4. Ηλεκτρικές μονάδες κίνησης (Σχήμα 26). Κάθε μηχανή τροφοδοτείται από τον δικό της ηλεκτρικό κινητήρα. Ο παραδοσιακός μύλος αντικαταστάθηκε από ηλεκτρικά καλώδια.

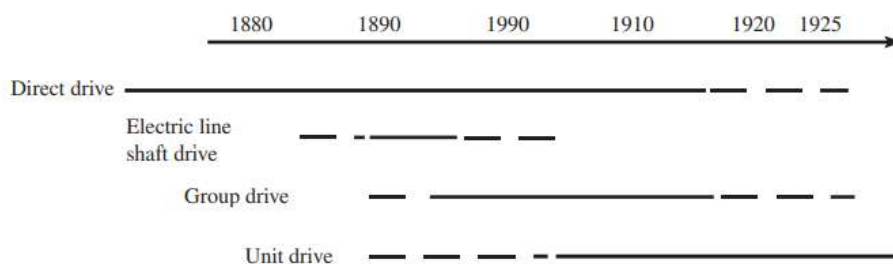


Σχήμα 26: Ηλεκτρική μονάδα δίσκου και μονάδες

Οι εμπειρίες κορυφαίων βιομηχανιών συζητήθηκαν ευρέως σε περιοδικά βιομηχανικής μηχανικής. Η πρώτη εφαρμογή ηλεκτρικών κινητήρων ομαδικής κίνησης ήταν το εργοστάσιο της General Electric στη Νέα Υόρκη το 1892. Διαπιστώθηκε ότι η ομαδική κίνηση μείωσε την ποσότητα σκόνης και βρωμιάς επειδή μέρος του μύλου δεν χρειαζόνταν πλέον. Όταν κινητήρες τοποθετήθηκαν στο ταβάνι, εξοικονομούσαν επίσης χώρο στο δάπεδο. Η ομαδική κίνηση προσέφερε περισσότερη ευελιξία στη χωρική διάταξη των μηχανημάτων, καθιστώντας έτσι ευκολότερη την αναδιοργάνωση της ακολουθίας των κατασκευαστικών εργασιών. Βελτίωσε επίσης την ενεργειακή απόδοση της κατασκευής επειδή μείωσε τις απώλειες τριβής. Επιπλέον, ομάδες μηχανών θα μπορούσαν να λειτουργούν ανεξάρτητα όταν χρειάζεται. Μια τυπική εξοικονόμηση του ποσού άνθρακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν μεταξύ 20% και 25%.

Υπήρξαν επίσης συζητήσεις για μονάδα κίνησης επειδή ορισμένοι βιομηχανικοί μηχανικοί είδαν τη δυνατότητα ολικής εγκατάλειψης των παραδοσιακών μύλων. Παρόλο που τα οράματα των βιομηχανικών μηχανικών είχαν το δυναμικό για τη μεταμόρφωση της βιομηχανίας, υπήρχε μικρή πρακτική εμπειρία για να υποστηρίξουν αυτές τις ιδέες. Η υλοποίηση της μονάδας κίνησης ήταν περιορισμένη επειδή οι ηλεκτρικοί κινητήρες ήταν ακόμα ακριβοί, καθιστώντας δαπανηρό να ταιριάζει κάθε μηχανήμα με τον δικό του κινητήρα. Το Σχήμα 27 δείχνει τις σταδιακές και αλληλεπικαλυπτόμενες μετατοπίσεις στις διάφορες φάσεις της εφαρμογής του ηλεκτρικού κινητήρα. Αυτές οι αλλαγές δεν ήταν αυτόματες αλλά περιλάμβαναν τη μάθηση σχετικά με τις τεχνικές δυνατότητες και τα οφέλη των ηλεκτρικών κινητήρων. Στις πρώτες φάσεις, τα άμεσα πλεονεκτήματα κόστους, όπως το χαμηλότερο κόστος καυσίμου, ήταν ο κύριος μοχλός για την υιοθέτηση. Σε μεταγενέστερες φάσεις η μονάδα κίνησης επέτρεψε σημαντικά έμμεσα πλεονεκτήματα, τα οποία οδήγησαν σε μετασχηματισμούς μεγάλης κλίμακας.

Την πρώτη δεκαετία του 20ού αιώνα, νέες έννοιες στη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. συντελεστής φορτίου, διαφοροποίηση) έκαναν τους διαχειριστές πιο πρόθυμους να υποστηρίξουν τη χρήση ηλεκτρικών κινητήρων. Αναπτύχθηκαν αξιόπιστοι ηλεκτρικοί μετρητές, οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας για μεγάλους χρήστες ενέργειας μειώθηκαν και καταβλήθηκαν προσπάθειες για την ευαισθητοποίηση των πελατών. Η αυτοαντίληψη των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας άλλαξε από μια βιομηχανία φωτισμού σε έναν γενικό προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η μεταβολή σε ηλεκτρική κίνηση αυτή η αλλαγή σημειώθηκε αργά, καθώς πολλοί ιδιοκτήτες εργοστασίων δεν ήθελαν να χάσουν επενδύσεις σε υπάρχοντα συστήματα. Επιπλέον, συχνά καθυστέρούσαν τις αποφάσεις υιοθέτησης, επειδή περίμεναν βελτιώσεις στους ηλεκτρικούς κινητήρες.



Σχήμα 27: Χρονολογία μεθόδων οδήγησης μηχανημάτων στη βιομηχανία των ΗΠΑ

6.4. Η εμφάνιση της μαζικής παραγωγής (1910-1930)

Στη δεκαετία του 1910 και του 1920 το καθεστώς παραγωγής του εργοστασίου μετατράπηκε δραματικά επειδή αρκετές λύσεις και εξελίξεις από την προηγούμενη περίοδο συνδυάστηκαν. Ο ηλεκτροκινητήρας ήταν σημαντικό κίνητρο για αυτήν τη διαδικασία, ειδικά καθώς διερευνήθηκαν νέες ευκαιρίες για τη μονάδα κίνησης. Το νέο καθεστώς μαζικής παραγωγής αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στην αυτοκινητοβιομηχανία, η οποία γνώρισε ραγδαία ανάπτυξη κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.

6.4.1. Νέα στοιχεία θέτουν το στάδιο για την αναδιάρθρωση

Μεταξύ 1905 και 1915, η μονάδα κίνησης έγινε ο τυπικός τρόπος χρήσης ηλεκτρικών κινητήρων στη βιομηχανοποίηση. Ένας οδηγός ήταν οι τεχνικές βελτιώσεις σχετικά με το εύρος ταχύτητας για τους ηλεκτρικούς κινητήρες, διευρύνοντας τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε εργαλειομηχανές υψηλής απόδοσης. Ένας άλλος λόγος ήταν η σταδιακή συνειδητοποίηση ότι τα έμμεσα και μακροπρόθεσμα κέρδη, όπως η κατάργηση του μύλου, μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερα από άμεσες τις οικονομίες σε εξοπλισμό, συντήρηση και καύσιμα. Αυτό δημιούργησε νέες ευκαιρίες για εργοστασιακές διατάξεις και μηχανικές ρυθμίσεις, κάνοντας καλύτερη χρήση του χώρου και ελαχιστοποιώντας τις ροές υλικών μεταξύ των σταθμών εργασίας.

Ωστόσο, η μονάδα κίνησης επέτρεψε και άλλα έμμεσα πλεονεκτήματα. Η αφαίρεση του μύλου εξάλειψε τις απαιτήσεις για λίπανση και συντήρηση του ιμάντα της συσκευής και ο έλεγχος του μηχανήματος βελτιώθηκε. Η συντήρηση κατέστη πιο εύκολη διαδικασία, μειώθηκε ο κίνδυνος πυρκαγιάς (και τα ασφάλιστρα) και επέτρεψε στο ηλιακό φως και το ηλεκτρικό φως να εισέλθει σε κάθε σημείο του χώρου εργασίας και μείωσε τον κίνδυνο τραυματισμού των εργαζομένων. Η σταδιακή αυτή αναγνώριση άλλαξε την αντίληψη των ηλεκτρικών κινητήρων, οι οποίοι εμφανίστηκαν ως «μοχλοί για την αύξηση της παραγωγής», επιτρέποντας περαιτέρω αλλαγές, πειραματισμούς και μετασχηματισμούς στο εργοστασιακό σύστημα και ιδιαίτερα στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Εμπνευσμένοι από τις δυνατότητες του χάλυβα και του ενισχυμένου σκυροδέματος, οι βιομηχανικοί μηχανικοί έστρεψαν επίσης την προσοχή τους στα εργοστάσια, αναπτύσσοντας νέες ιδέες για το μέγεθος του εργοστασίου, το σχήμα του και τον αριθμό των ορόφων. Μερικοί υποστήριξαν εργοστάσια ενός ορόφου, επειδή ήταν εύκολα στην κατασκευή με χάλυβα και ενισχυμένο σκυρόδεμα και θα μπορούσαν να εκτείνονται σε μεγάλες αποστάσεις, δημιουργώντας περισσότερο ανοιχτό χώρο, επέτρεπαν γραμμικές διατάξεις, οι οποίες διευκόλυναν τον αποτελεσματικό χειρισμό υλικών και την ευέλικτη αναδιάταξη των μηχανημάτων. Ένα άλλο πλεονέκτημα του ενισχυμένου σκυροδέματος και του χάλυβα ήταν ότι οι περιοχές παραθύρων θα μπορούσαν να διευρυνθούν, ανοίγοντας το δρόμο για το «εργοστάσιο του φωτός της ημέρας». Το «Crystal Palace» της Ford στο Highland Park (1910), ήταν ένα από τα πρώτα εργοστάσια ημέρας.

6.4.2. Η αυτοκινητοβιομηχανία ως θύλακας για νέο σύστημα

Σε αυτό το πλαίσιο δυναμικής αλλαγής, η αυτοκινητοβιομηχανία ήταν ο χώρος ενός εντελώς νέου πρωτοποριακού τρόπου παραγωγής: της μαζικής παραγωγής στη γραμμή συναρμολόγησης. Η ταχεία ανάπτυξη της αγοράς δημιούργησε πόρους για την κατασκευή νέων εγκαταστάσεων και ενθάρρυνε τον πειραματισμό με τα νέα συστήματα παραγωγής. Η αυτοκινητοβιομηχανία είχε πόρους για πειραματισμό λόγω της δραματικής αύξησης των πωλήσεων αυτοκινήτων στην Αμερική, ιδίως του Ford Model T, το οποίο είχε γίνει το κυρίαρχο σχέδιο. Το εργοστάσιο της Ford δεν πρωτοστάτησε στη μαζική παραγωγή από το μηδέν. Αντίθετα, η καινοτομία συνίστατο στο συνδυασμό και την περαιτέρω ανάπτυξη στοιχείων και τάσεων που είχαν έχει ήδη εισαχθεί στη βιομηχανία.

Στις αρχές του 20ού αιώνα, η κατασκευή αυτοκινήτων έγινε ένας από τους μεγαλύτερους χρήστες εργαλειομηχανών. Τα αυτοκίνητα αποτελούνται από πολλά εξειδικευμένα ανταλλακτικά ακριβείας, σκληρυσμένα με χάλυβα που κατασκευάζονταν συχνά από τα ίδια τα εργοστάσια αυτοκινήτων. Η πρακτική στην οποία το κάθε μηχανήμα πραγματοποιούσε μία και μόνο λειτουργία επέτρεψε υψηλές προδιαγραφές ακριβείας. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες επέτρεψαν την αξιόπιστη τυποποίηση των ταχυτήτων και τόνισαν τη λειτουργία των εργαλειομηχανών.

Η Ford αντιλήφθηκε τη σημασία της επίτευξης εναλλαξιμότητας των ανταλλακτικών. Αν μπορούσαν να δημιουργηθούν εξαρτήματα ακριβείας, θα διευκόλυνε την ταχεία συναρμολόγηση, καθώς τα μέρη ακριβείας δεν χρειάζονταν καμία ρύθμιση ή προσαρμογή. Οι βελτιώσεις στην ακρίβεια των εργαλειομηχανών βελτίωσαν περαιτέρω αυτή την πρακτική και αποτέλεσαν το βράχο στον οποίο βασίστηκε η μαζική παραγωγή της Ford.

Η Ford ακολούθησε επίσης την τάση της αύξησης του καταμερισμού της εργασίας. Οι θέσεις εργασίας χωρίζονταν περαιτέρω σε μικρότερες λειτουργίες που θα μπορούσαν να γίνουν με εργαλειομηχανές από ανειδίκευτο προσωπικό. Έτσι, η διάδοση των εργαλειομηχανών και η υποδιαίρεση της εργασίας συνυπήρχαν. Από χρονικές μελέτες που διεξήχθησαν από βιομηχανικούς μηχανικούς όπως ο Taylor, εξήχθη το συμπέρασμα ότι η συνολική απόδοση βελτιώνονταν εάν οι εργαζόμενοι εκτελούσαν την ίδια μικρή εργασία ξανά και ξανά. Αυτοί οι μηχανικοί είδαν τους ανθρώπινους εργαζόμενους ως έναν αναξιόπιστο παράγοντα παραγωγής και υποστήριξαν τη μεγαλύτερη προβολή και τον έλεγχο των εργαζομένων.

Ο χειρισμός υλικών παρέμεινε πρόβλημα στην πρώιμη κατασκευή αυτοκινήτων. Κατά τους σταθμούς συναρμολόγησης, οι εργάτες εργάζονταν σε ανοιχτούς πάγκους εργασίας, με καλάθια τοποθετημένα στη μέση του κάθε πάγκου, με κάθε εργάτη να συναρμολογεί ένα εξάρτημα. Η τελική συναρμολόγηση του αυτοκινήτου ήταν ακόμα στατική το 1910. Το σασί του αυτοκινήτου στηριζόταν σε ξύλινα στηρίγματα συναρμολόγησης ή σε σταντ ενώ ομάδες συναρμολόγησης μετακινούσαν το σασί. Τα εξαρτήματα και τα συγκροτήματα σε διαδικασία έπρεπε να ταξιδέψουν μεταξύ των σταθμών εργασίας μέχρι την τελική περιοχή συναρμολόγησης, οπότε υπήρχε συνεχής μεταφορά υλικών από το ένα σταθμό εργασίας στον επόμενο (Σχήμα 28). Αυτός ο χειρισμός των υλικών ήταν δυσκίνητος, ειδικά καθώς τα κτίρια μεγάλωναν

και τα προϊόντα γίνονταν περισσότερο σύνθετα, ενώ ήταν επίσης απρόβλεπτη και δύσκολη διαδικασία για τους διαχειριστές.



Σχήμα 28: Βαρέλια ανταλλακτικών, Νοέμβριος 1916

Το 1913, ο Ford επέτρεψε στους μηχανικούς του να κάνουν εκτενή πειράματα στο εργοστάσιο, που οδήγησε σε “μια από τις πιο αξιοσημείωτες συνεχείς εκρήξεις τεχνικής δημιουργικότητας στην ιστορία”. Το κρίσιμο πείραμα ήταν η γραμμή συναρμολόγησης, ένας νέος τρόπος χειρισμού υλικών που ήταν ήδη καινοτόμος σε άλλες βιομηχανίες. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες διευκόλυναν τη χρήση γραμμών μεταφοράς γιατί χρησιμοποίησαν τους ιμάντες, τις αλυσίδες και άλλες συσκευές σε αξιόπιστες και σταθερές ταχύτητες. Εργαλειομηχανές ειδικού σκοπού, καταμερισμός της εργασίας, εναλλάξιμα ανταλλακτικά και ηλεκτρικοί κινητήρες, όλα συγκεντρώθηκαν στη γραμμή συναρμολόγησης. Το κλειδί ήταν να ενορχηστρωθεί και να ενσωματωθεί στις διάφορες γραμμές συναρμολόγησης όσον αφορά την ταχύτητα, την είσοδο και την έξοδο. Έγιναν περίπλοκες μελέτες κίνησης και χρόνου για να προσδιοριστεί κατά πόσον οι εργαζόμενοι θα μπορούσαν να διατηρήσουν το ρυθμό. Στους επόμενους μήνες, η παραγωγικότητα αυξήθηκε περαιτέρω από πρόσθετες καινοτομίες, όπως αύξηση του ύψους της γραμμής, η μείωση του αριθμού των εργαζομένων και η μετακίνηση των προϊόντων με μία συνεχή αλυσίδα.

Από την άλλη πλευρά, η ελευθερία των εργαζομένων περιορίστηκε καθώς το σύστημα μεταφοράς καθόριζε το ρυθμό εργασίας. Η γραμμή συναρμολόγησης άλλαξε έτσι τις σχέσεις μεταξύ διοίκησης και εργαζομένων, επιτρέποντας στη διοίκηση να ελέγχει το ρυθμό της εργασίας μέσω της ταχύτητας των γραμμών συναρμολόγησης. Αυτή η νέα εργασιακή πρακτική δημιούργησε σημαντική πίεση στους εργάτες, με αποτέλεσμα υψηλότερα ποσοστά κύκλου εργασιών. Πολλοί εργαζόμενοι εγκατέλειψαν τη δουλειά τους επειδή δεν μπορούσαν να διαχειριστούν το άγχος, όμως άλλοι ήταν πρόθυμοι να πάρουν τη θέση τους, ακόμη και για λίγους μήνες.



Σχήμα 29: Γραμμή παραγωγής 1913

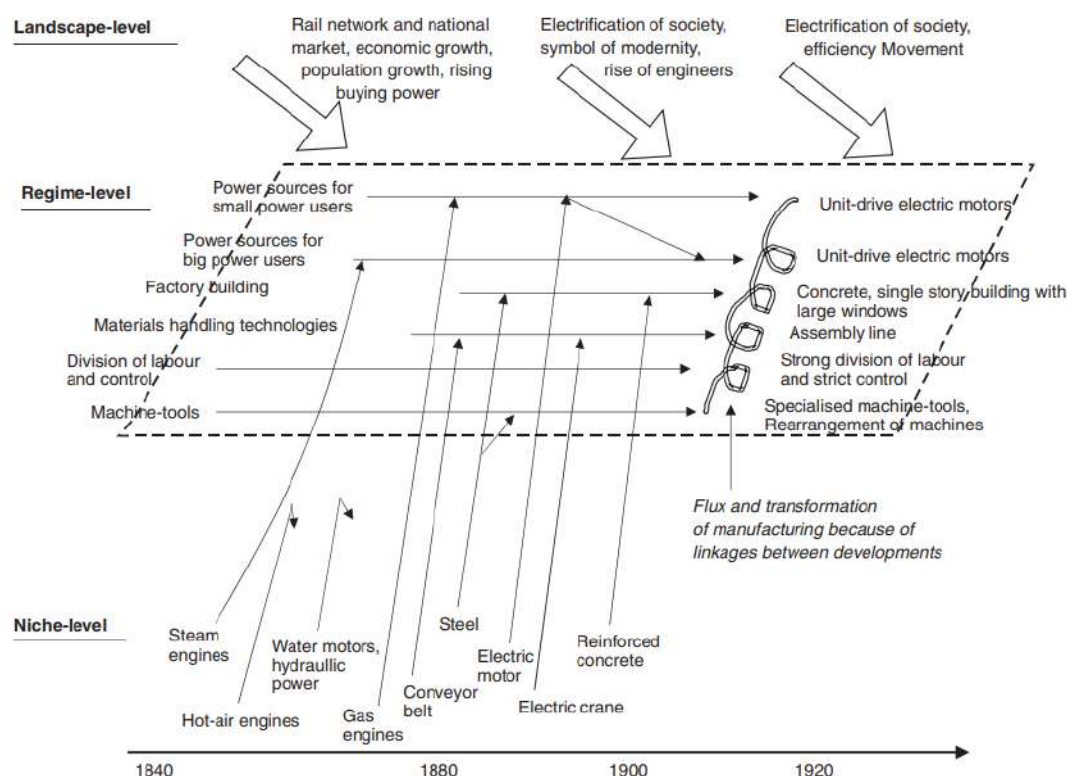
6.4.3. Διάχυση και διάδοση

Ενώ το Highland Park ήταν η πρώτη «θέση» για τη γραμμή συναρμολόγησης, έγινε πλήρης υλοποίηση στο εργοστάσιο του ποταμού Rouge, το οποίο άνοιξε το 1920. Το εργοστάσιο River Rouge εισήγαγε το σύγχρονο εργοστάσιο στον κόσμο, συνδυάζοντας λογικό εργοστασιακό προγραμματισμό με σύγχρονη τεχνολογία παραγωγής, ισχύος και κατασκευών. Αυτό ήταν ένα τεράστιο εργοστάσιο με πολλαπλά, τεράστια, μονοώροφα κτίρια, τα οποία ήταν λιγότερο δαπανηρά κατασκευαστικά και παρείχαν περισσότερο χώρο παραγωγής. Το σχήμα και το μέγεθός τους καθορίστηκαν από τις διαδικασίες παραγωγής, που δεν περιορίζονται από δομικά υλικά, διανομή ενέργειας ή χειρισμό υλικών. Επειδή οι γραμμές μεταφοράς, οι σιδηρόδρομοι, και οι γερανοί είχαν βελτιωθεί σημαντικά, οι μηχανικοί δεν χρειαζόταν πλέον να ανησυχούν για κινούμενα μέρη και υλικά σε ένα μεγάλο χώρο. Μηχανοποιημένα συστήματα για χειρισμό υλικών, αυτοματοποιημένα μηχανήματα και εξάλειψη των ιμάντων για τη μετάδοση ισχύος επέτρεψε στους μηχανικούς να σχεδιάσουν τη διάταξη του καταστήματος με τον μέγιστο αποτελεσματικό τρόπο. Το River Rouge αντιπροσώπευε την κατεύθυνση μελλοντικής ανάπτυξης στη τη σύγχρονη βιομηχανία, στο στιλ κτιρίων και στις μεθόδους παραγωγής. Πέτυχε μυθικό ανάστημα ως η απόλυτη έκφραση του Φορντισμού, έγινε ένα παγκόσμιο σύμβολο που αντιπροσωπεύει μια νέα τεχνοκρατική και αποτελεσματική σειρά τον θρίαμβο της ορθολογικής αποτελεσματικότητας, ενώ αναδείχθηκε το μεγαλύτερο εργαστήριο έκθεσης τεχνικής προόδου στον κόσμο.

6.5. Ανασκόπηση

Ο μετασχηματισμός της αμερικανικής εργοστασιακής παραγωγής και η εμφάνιση της μαζικής παραγωγής προκλήθηκε από την αντικατάσταση ατμομηχανών με ηλεκτρικούς κινητήρες. Αν και ο ηλεκτροκινητήρας ήταν ένα σημαντικό στοιχείο στο μετασχηματισμό, η μελέτη περίπτωσης που παρουσιάζεται εδώ δείχνει ότι ο μετασχηματισμός έγινε επειδή πολλές διαφορετικές εξελίξεις συνδέθηκαν και ενισχύθηκαν μεταξύ τους.

Ο συνδυασμός εξωτερικών πιέσεων τοπίου, οι συνεχιζόμενες εξελίξεις στο καθεστώς και η υιοθέτηση πολλών εξειδικευμένων στοιχείων οδήγησαν στην αναδιάρθρωση της εργοστασιακής παραγωγής. Έτσι, η περιπτώσιολογική μελέτη έδειξε τη χρησιμότητα του MLP και την έμφαση στις ευθυγραμμίσεις μεταξύ τοπίου, καθεστώτος και θυλάκων (Σχήμα 30). Έδειξε επίσης ότι η μετάβαση δεν προκλήθηκε από μια σημαντική καινοτόμα ανακάλυψη, αλλά από πολλαπλές καινοτομίες (στοιχειώδης και μη) στους θύλακες που υιοθετήθηκαν, καθώς και αλλαγές στο υπάρχον καθεστώς.



Σχήμα 30: Δυναμική αναδιάρθρωσης στον μετασχηματισμό της εργοστασιακής παραγωγής

Έτσι, η μαζική παραγωγή ήταν το τελευταίο βήμα σε έναν πολύ μεγαλύτερο μετασχηματισμό και διαδικασία αναδιάρθρωσης. Ο Φορντισμός βασίστηκε στις πολλές αλλαγές που προηγήθηκαν και το νέο καθεστώς παραγωγής αναπτύχθηκε από το παλιό. Αυτή η δυναμική είναι σημαντικό χαρακτηριστικό του μονοπατιού αναδιάρθρωσης. Τα προβλήματα του καθεστώτος που προέκυψαν έλαβαν τη μορφή

«αντίστροφων σημείων», δηλαδή εσωτερικών προβλημάτων που προκύπτουν καθώς ένα σύστημα επεκτείνεται και μετά ακολουθεί άλλες αλλαγές.

Αξίζει να αναφερθεί ότι το νέο σύστημα μαζικής παραγωγής ήταν πρωτοπόρο όχι σε μια «παλιά», αλλά σε μια «νέα» βιομηχανία, ειδικά στην αυτοκινητοβιομηχανία. Έτσι με αυτή την έννοια οι νεοεισερχόμενοι ήταν σημαντικοί. Ένα άλλο σημείο είναι ότι συζητήθηκαν πιθανές αρνητικές εξωτερικές συνέπειες, όπως οι ανησυχίες πως η αύξηση των μεγάλων επιχειρήσεων θα κατέστρεφε πολλές μικρές συντεχνίες.

Ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό καθεστώτος - η ποικιλία των θυλάκων και των τομέων εφαρμογής - διευκόλυνε το μονοπάτι αναδιάρθρωσης, με ευεργετικά αποτελέσματα σχετικά με την εμφάνιση της καινοτομίας. Προκάλεσε επίσης πολλές περιπτώσεις υπερχειλίσεων και συσσώρευσης θυλάκων, όπως η ηλεκτρική ενέργεια. Ξεκίνησε από χαμηλά, περιέλαβε περισσότερες λειτουργίες και προκάλεσε περαιτέρω αλλαγές.

Επίλογος

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να προστεθεί στην υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με τις τεχνολογικές μεταβάσεις και τις κοινωνικοτεχνικές προεκτάσεις της έννοιας. Οι μελέτες περίπτωσης επεξηγούν τις μεταβάσεις με ιστορικά παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση και εκτίμηση της αξίας τους. Αποσκοπούν να καταδείξουν πως μια τεχνολογική αλλαγή, δεν πυροδοτείται μόνο από τη θέληση και την ικανότητα, αλλά και άλλους αστάθμητους και εξωτερικούς παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην εξέλιξη της τεχνολογίας και της κανονικότητας.

Βιβλιογραφία

- [1] G. Papachristos, A. Sofianos, and E. Adamides, "System interactions in socio-technical transitions: Extending the multi-level perspective," *Environ. Innov. Soc. Transit.*, vol. 7, pp. 53–69, Jun. 2013, doi: 10.1016/j.eist.2013.03.002.
- [2] F. W. Geels, "Co-evolutionary and multi-level dynamics in transitions: The transformation of aviation systems and the shift from propeller to turbojet (1930–1970)," *Technovation*, vol. 26, no. 9, pp. 999–1016, Sep. 2006, doi: 10.1016/j.technovation.2005.08.010.
- [3] F. W. Geels, "Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study," *Res. Policy*, p. 18, 2002.
- [4] F. W. Geels, "Major system change through stepwise reconfiguration: A multi-level analysis of the transformation of American factory production," *Technol. Soc.*, p. 32, 2006.

