

## Određivanje odnosa vremena ciklusa i izvršnog vremena u linijama za proizvodnju odjeće

Prof.dr.sc. Mucella Guner, dipl.ing.

Prof.dr.sc. Onder Yucel, dipl.ing.\*

Sveučilište Ege, Fakultet inženjerstva, Odjel tekstilnog inženjerstva

Bornova-Izmir, Turska

\*Sveučilište Ege, Bayindir visoka škola, Tekstilni odjel

Bayindir-Izmir, Turska

e-mail: mucella.guner@ege.edu.tr

Prispjelo 19.01.2007.

UDK 687.02

Stručni rad

*Upravljanje vremenom danas može biti komparativna prednost tvrtkama na globalnom tržištu, a uključuje metode i tehnike planiranja i predviđanja vremena, najčešće s ciljem poboljšanja učinkovitosti korištenja vremena. Upravljanje vremenom odraz je upravljanja kvalitetom, troškovima, inovacijama i proizvodnošću. Smanjenje izgubljenog vremena ujedno poboljšava odlike poslovanja. Zbog toga je neophodno detaljno istražiti strukturu vremena rada. U ovom je radu predstavljen teoretski pristup konceptu korištenja vremena. U tu je svrhu promatran tijek utroška vremena za 33 različita proizvoda i jedinična vremena operacija tvorbe šavova. Jedinična vremena operacija određena su korištenjem REFA metode. Metoda kritičnog puta (CPM) koristi se u prikazivanju tijeka rada za pojedine proizvode. Prema načelima CPM pronalaze se kritični putovi za svaki proizvod. Statistički se proučavaju vremena ciklusa i izvršna vremena proizvoda, kao i različite varijable povezane s njima.*

**Ključne riječi:** vrijeme ciklusa, izvršno vrijeme, metoda kritičnog puta (CPM), upravljanje vremenom

### 1. Uvod

Dinamičke promjene potražnje uzoraka i paleta proizvoda, do kojih dolazi uslijed teško predvidivih promjena na globalnom tržištu, stavljaju proizvodne sustave pod veliki pritisak, da bi ostale konkurentski sposobne, proizvodne organizacije moraju na vrijeme udovoljiti potražnji. Stoga tvrtke moraju proširiti asortiman proizvoda, skratiti vrijeme dolaska proizvoda na tržište, skratiti ciklus proizvodnje te istovremeno održati visoku kvalitetu i smanjiti troškove ulaganja [1].

Danas je vrijeme u središtu pozornosti, ono je, ustvari, strateško oružje, ekvivalent novca, proizvodnosti, kvalitete i inovacija [2]. Zato upravljanje vremenom može biti konkurentna prednost tvrtkama na globalnom tržištu.

Upravljanje vremenom odražava razinu upravljanja kvalitetom, troškovima, inovacijama i proizvodnošću. Smanjenje izgubljenog vremena automatski poboljšava i druge mjere poslovanja [3].

Ograničenja povezana s vremenom, kao što su izvršno vrijeme i krajnji rokovi, često su povezani s aktivnostima unutar procesa i potprocesa. Međutim, proizvoljna vremenska ograničenja i neplanski gubici vremena mogu dovesti do znatnih odstupanja od planiranih vremena. Neplanski gubici vremena najčešće nastaju zbog serijalizacije nezavisnih djelatnosti, loše sinkronizacije ovisnih djelatnosti (slabo predviđanje), proizvodnje dijelova koji se ne mogu koristiti (neprihvatljiva kvaliteta), ili zbog neučinkovitog tijeka rada (loš raspored). Konkurencija temeljena

na vremenu odnosi se na sposobnost da se isporučuje proizvodi ili usluge brže od konkurenata. Potraga za načinima ubrzanja postupaka razotkriva brojne uzroke neučinkovitosti, a njihovo uklanjanje rezultira mnogostrukom koristi. Ona uključuje vrijeme koje je potrebno da novi proizvod dođe na tržište, vrijeme da se proizvede postojeći proizvod, kao i vrijeme potrebno da proizvod dođe do potrošača [3, 4].

U svijetu globalne međuovisnosti, tekstilna i odjevna industrija najraširenije su industrijske grane. Kao što je tekstilna industrija otpočela industrijsku revoluciju, tako je i danas proizvodnja tekstila i odjeće među prvim sektorima koji su se uključili u međunarodnu podjelu rada. U svijetu opterećenom trgovinskim problemima, tekstilna i odjevna industrija predvode

značajne promjene kako u području proizvodnje ali i trgovine [5].

Čimbenik vremena snažno utječe i na odjevni sektor, te je potrebno detaljnije istraživanje pitanja vremena. Cilj ovog rada je odrediti odnose vremena ciklusa i izvršnog vremena u odjevnim proizvodnim linijama.

## 2. Materijal i metode

Podaci potrebni za ovo istraživanje preuzeti su s proizvodnih linija u pogonima proizvodnje odjeće. Radi se o tijeku rada za 33 različita odjevna predmeta i jediničnim vremenima operacija tvorbi šavova prema planu tehnoloških operacija. Jedinična se vremena određuju korištenjem metode koju preporučuje REFA (Udruženje za oblikovanje rada/strukturu rada, industrijsku organizaciju i korporativni razvoj). Podaci o ispitivanim proizvodima prikazani su u tab.1.

Tab.1 Vrste proizvoda koji se koriste u istraživanju

Vrsta proizvoda	Broj modela
Hlače	7
Košulja	3
Majica kratkih rukava	11
Majica dugih rukava	8
Suknja	4

Metoda kritičnog puta (CPM) korištena je da se prikaže tijek rada na proizvodnim linijama. Vremena ciklusa, izvršna vremena, kritični putovi i jedinična vremena operacija u tijeku rada dobiveni metodom CPM mogu se lako uočiti.

### 2.1. Metoda kritičnog puta

Metoda kritičnog puta (CPM) razvijena je početkom 1960-ih, postala je jednim od najkorisnijih praktičnih metoda i koristi se u planiranju i kontroli provedbe kompleksnih projekata. Metoda je privukla pozornost svih koji se bave upravljanjem u inženjerstvu, proizvodnjom i upravljanjem radnim operacijama [6, 7].

CPM proces planiranja sastoji se od sljedećih koraka: uspostavljanja izvornih odnosa među aktivnostima, konstruiranja mreže, vrednovanja vremena pojedinih aktivnosti i utvrđivanja kritičnog puta. CPM metoda izračunava početna i završna vremena svake operacije, te određuje koje su aktivnosti kritične za proizvod koji treba izraditi. Korištenjem CPM metode može se odrediti sveukupno izvršno vrijeme svih procesa i to tako da se utvrdi najdulji put kroz specifikacije tijeka rada. Taj se izvršni put naziva i kritičnim putem jer se njime određuje količina vremena koje je potrebno potrošiti za provođenje

čitavog procesa. Svako zaostajanje operacije na kritičnom putu dovodi i do zaostajanja ukupnog tijeka rada [8, 9].

Jednostavni tijek rada jednog od ispitivanih proizvoda, u skladu sa CPM metodom, prikazan je na sl.1.

Operacije su označene kružićima, a svaki kružić predstavlja samo jednu operaciju. Točka  $X_0$  označava početnu točku tijeka rada. Brojke na strelicama su jedinična vremena operacija. Kritični put tijeka rada prikazan je zatamnjanim strelicama. U prikazanom tijeku rada (sl.1) operacija  $X_{10}$  posljednja je operacija i izvršno vrijeme proizvoda je označeno simbolom  $Z_{10}$ .

Značenja vrijednosti kružića naznačenih na sl.1 prikazane su na sl.2.

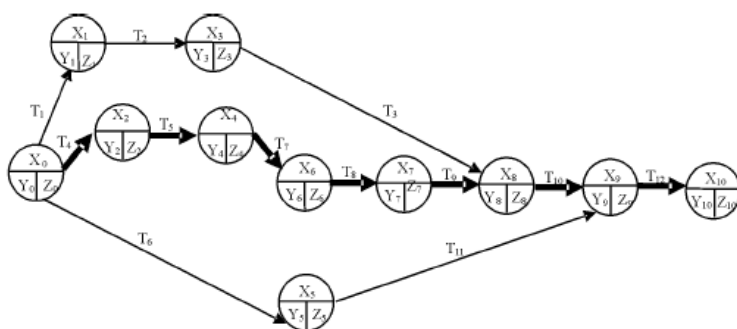
Izrazi i jednadžbe koji se koriste u ovom istraživanju objašnjavaju se kako sljede:

Jedinično vrijeme (UT): vrijeme završetka pojedinačne operacije.

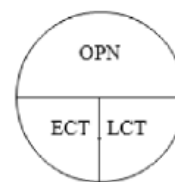
Vrijeme ciklusa (CT): zbir jediničnih vremena operacije u tijeku rada.

Izvršno vrijeme (ET): zbir jediničnih vremena operacije na kritičnom putu.

Paralelna operacija (PO): operacija završena istovremeno u paralelnim smjerovima.



Sl.1 Jednostavni tijek izrade majice kratkih rukava prema metodi CPM



OPN - broj operacije

ECT - najranije vrijeme završetka operacije za vrijeme tijeka rada

LCT - najkasnije vrijeme završetka operacije za vrijeme tijeka rada

Sl.2 Značenje vrijednosti u kružićima prikazanim na sl.1

DT: razlika između vremena ciklusa i izvršnog vremena, a određuje se prema (1).

$$DT = CT - ET \quad (1)$$

TPO: Srednje vrijeme operacije završene istovremeno u paralelnim smjerovima.

$$TPO(\%) = \frac{CT - ET}{CT} \cdot 100 \quad (2)$$

NTO: Ukupni broj operacija provedenih u tijeku rada.

NPO: Broj paralelnih operacija u tijeku rada.

$$\text{Broj preostalih operacija (NRO): } NTO - NPO \quad (3)$$

Postotak preostalih operacija (PRO):

$$\frac{NTO - NPO}{NTO} \cdot 100 \quad (4)$$

Određivanje veličine uzoraka temeljna je zadaća statističkog istraživanja. Neodgovarajući, neadekvatni ili preveliki uzorci utječu na kvalitetu i točnost istraživanja. Upotrebom odgovarajućeg uzorka dolazi se do pouzdanih, vrijednih podataka koji se mogu generalizirati [10].

Cochranova jednadžba (5) upotrebljava se za određenje veličine uzorka.

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{d^2} \quad (5)$$

gdje je:

t - vrijednost odabrane razine pouzdanosti 0,025 svakog kraja = 1,96;

$\sigma$  - procijenjena standardna devijacija;

d - prihvatljiva razina pogreške.

Broj ispitivanih uzoraka na početku istraživanja bio je 36 ( $n = 36$ ), X - vrijeme za pojedine uzorke ( $\min 10^{-2}$ ),  $\bar{X}$  - prosječno vrijeme za pojedine ispitivane uzorke. Iz tih vri-

jednosti određena je  $\sigma^2$  prema jednadžbi (6)

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{(n-1)} \quad (6)$$

Prema dobivenim rezultatima za  $\sigma$  iz jednadžbe (6) slijedi izračun veličine uzoraka  $n$  prema jednadžbi (5) iz koje se dobiva da je  $n = 33$  ( $\sigma = 14,6 \min 10^{-2}$ ,  $d = 5 \min 10^{-2}$ ,  $t = 1,96$ ). Rezultati su vrednovani ko-

rištenjem programa SPSS za program Windows Version 11.0.

### 3. Rezultati

Podaci dobiveni iz tijeka rada istraživanih odjevnih predmeta i korelacija varijabli prikazani su u tab.2 i 3. Također su prikazani kritični putovi za pojedine uzorke u proizvodnji odjeće istraživanih u ovom radu, sl.3, 4, 5, 6 i 7.

Tab.2 Podaci dobiveni iz tijekova rada ispitivanih odjevnih proizvoda

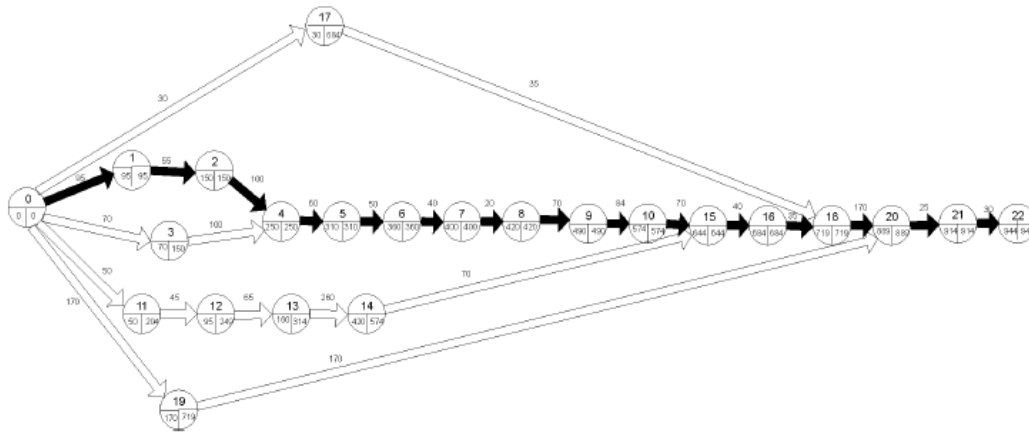
NTO	CT	ET	NPO	TPO	DT	NRO	PRO (%)	PT (%)
11	513	431	3	27,33	82	8	72,72	15,98
22	1062	644	10	41,8	418	12	54,54	39,35
18	854	557	5	59,4	297	13	72,22	34,77
17	1200	955	3	81,66	245	14	82,35	20,41
20	1025	975	4	12,5	50	16	80	4,87
31	1216	866	13	26,92	350	18	58,06	28,78
20	1010	770	7	34,28	240	13	65	23,76
29	1269	813	13	35,07	456	16	55,17	35,93
25	2217	1343	12	72,83	874	13	52	39,42
39	2217	1362	16	53,43	855	23	58,97	38,56
28	1423	1083	9	37,77	340	19	67,85	23,89
25	1515	980	12	44,58	535	13	52	35,31
26	1935	1025	15	60,66	910	11	42,30	47,02
22	1719	944	6	129,16	775	16	72,72	45,08
7	159	145	1	14	9	6	85,71	5,66
8	207	192	1	15	15	7	87,50	7,24
12	360	319	3	13,66	41	9	75	11,38
14	369	319	3	16,66	50	11	78,57	13,55
12	395	353	2	21	42	10	83,33	10,63
13	648	598	3	16,66	50	10	76,92	7,71
14	686	636	3	16,66	50	11	78,57	7,28
15	923	769	3	51,33	154	12	80	16,68
16	734	594	5	28	140	11	68,87	19,07
19	972	878	4	35,5	94	15	78,94	9,67
19	819	771	2	24	48	17	89,47	5,86
17	694	654	2	18	40	15	88,23	5,76
18	814	691	3	41	123	15	83,33	15,11
22	853	790	2	31,5	63	20	90,90	7,38
23	1292	939	8	44,12	353	15	65,21	27,32
21	1384	924	10	46	460	11	52,38	33,23
28	1847	1605	5	48,4	242	23	82,14	13,10
38	1659	1255	13	37,04	404	25	65,78	24,35
30	2113	1690	8	52,87	423	22	73,33	20,01

Tab.3 Koeficijenti korelacije (*r*)

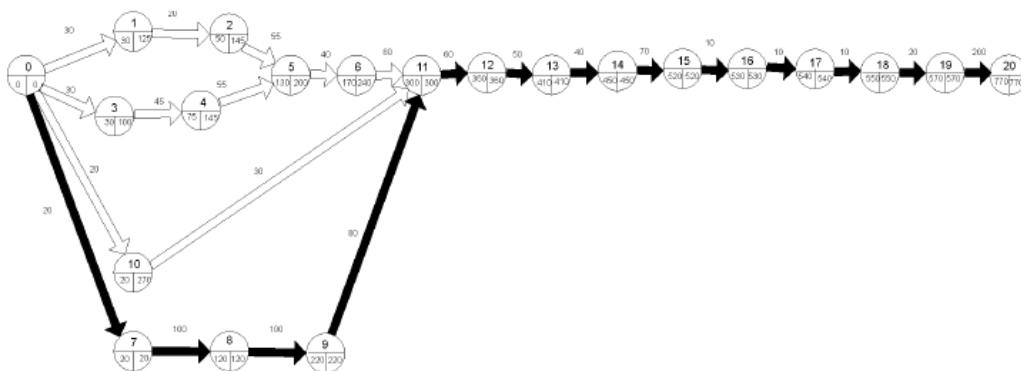
Vrijeme	DT	PT	NTO	CT	ET	NPO	TPO	NRO	PRO
DT	1	-	-	-	-	-	-	-	-
PT	0,91**	1	-	-	-	-	-	-	-
NTO	0,68**	0,56**	1	-	-	-	-	-	-
CT	0,86**	0,68**	0,85**	1	-	-	-	-	-
ET	0,61**	0,39**	0,82**	0,93**	1	-	-	-	-
NPO	0,85**	0,81**	0,83**	0,77**	0,59**	1	-	-	-
TPO	0,71**	0,69**	0,36**	0,65**	0,49**	0,34*	1	-	-
NRO	0,32**	0,15**	0,85**	0,66**	0,80**	0,42*	0,27	1	-
PRO	-0,79**	-0,86**	-0,55	-0,60**	-0,36	-0,90**	-0,32	-0,05	1

\*\* Korelacija je signifikantna na razini od 0,01

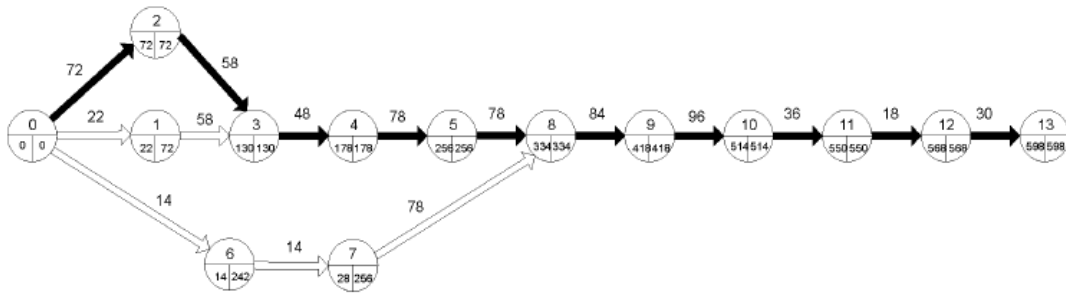
\* Korelacija je signifikantna na razini od 0,05



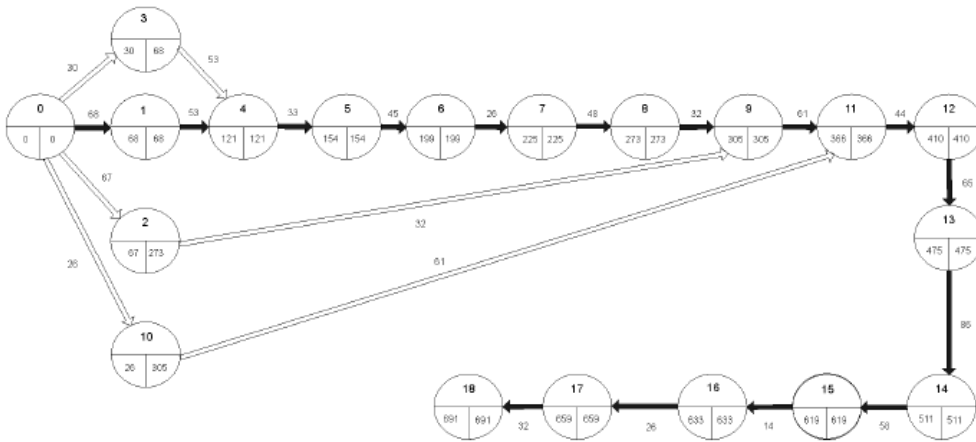
Sl.3 Uzorak kritičnog puta ispitivanih hlača



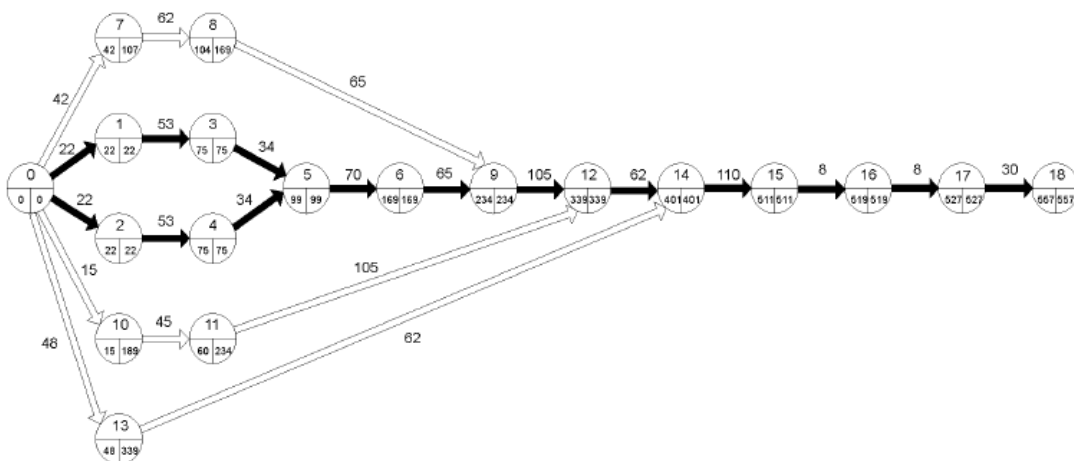
Sl.4 Uzorak kritičnog puta ispitivanih košulja



SI.5 Uzorak kritičnog puta ispitivane majice kratkih rukava



SI.6 Uzorak kritičnog puta ispitivane majice dugih rukava



SI.7 Uzorak kritičnog puta ispitivane suknje

#### 4. Rasprava i zaključci

Utvrđen je visoki stupanj korelacije između vremena ciklusa (CT) i izvršnog vremena (ET). Vrijednost korelacijskog koeficijenta ( $r$ ) je 0,93. Rast vrijednosti CT dovodi do rasta ET. To znači da ukupno vrijeme operacija, prikazano na kritičnom putu, ovisi o CT.

Porast broja operacija (NTO) u tijeku rada produljuje vrijeme ciklusa (CT) i izvršno vrijeme (ET). Korelacijski koeficijenti ( $r$ ) između NTO sa CT i ET su 0,85, odnosno 0,82.

CT iskazuje visoku korelaciju s DT ( $r=0,86$ ), ali korelacija između ET i DT je srednje razine ( $r=0,61$ ).

Utjecaj NPO na CT može se usporediti s ET. Korelacijski koeficijenti su 0,77, odnosno 0,59. Iz rezultata se uočava da porast NPO dovodi do smanjenja ET, no to statistički nema važnosti.

TPO iskazuje nisku korelaciju ( $r=0,49$ ) s ET, dok je korelacija između TPO i CT srednje razine ( $r=0,65$ ).

NRO pokazuje visoku korelaciju s NTO ( $r=0,85$ ) i ET ( $r=0,80$ ) u usporedbi sa CT ( $r=0,66$ ).

Porast NPO, DT, PT, NTO, TPO, CT i ET dovodi do smanjenja PRO.

Kao što je poznato, učinkovito upravljanje pogonom usko je povezano s čimbenikom vremena. Menadžeri govore o vremenu kao ključu uspjeha organizacije. Vrijeme ponekad može biti i najvažniji parametar rada, onaj kojim se postiže prednost pred konkurencijom.

U ovom je istraživanju prikazan teoretski pristup konceptu vremena, zasnovan na CPM. Istraživana su vremena ciklusa, izvršna vremena i različite varijable povezane s njima. Vrijeme ciklusa je zbir svih operacija u tijeku rada, pa sadrži kritična i nekritična vremena operacija. Zato se kritične i nekritične operacije i njihova vremena koriste za izradu mrežnog dijagrama CPM-a, kao i za izračun izvršnog vremena. Izvršno vrijeme je zbir operacija na kritičnom putu, a u skladu sa CPM, operacije koje leže na kritičnom putu ne mogu se odgoditi. Svako kašnjenje operacija na kritičnom putu izravno utječe na vrijeme isporuke narudžbe. Zbir vremena operacija koji tvori izvršno vrijeme pomaže u izračunu vremena u kojem proizvod može biti završen. Zbog toga je praćenje i vrednovanje izvršnog vremena od izuzetne važnosti za menadžera čija je zadaća povećati proizvodnost proizvodnih linija. Isto tako, izvršno se vrijeme može koristiti kao jedan od temeljnih kriterija upravljanja narudžbama.

(Prevela D. Vuljanić)

#### Literatura:

- [1] Anosike A.I., Z. Zhang: An Agent-Oriented Modelling Approach for Agile Manufacturing", The 3rd International Symposium on Multi-Agent Systems, Large Complex Systems, and E-Business (MAL-CEB 2002), 8-10 October, Germany, (2002)
- [2] Tomas G., M. Hult: Measuring Cycle Time of the Global Procurement

Process, *Industrial Marketing Management* 26 (1997) 403-412

- [3] Tersine R.J., E.A. Hummingbird: Lead-time Reduction: The Search for Competitive Advantage, *International Journal of Operations & Production Management* 15 (1995) 2, 8-18
- [4] Eder J., E. Panagos: Managing Time in Workflow Systems, Layne Fischer (ed) *Workflow Handbook*, USA, (2001), 109-132
- [5] Dickerson G.D.: Textiles and Apparel in the International Economy, Macmillan Publishing Company, USA, (1991)
- [6] Chanas S., P. Zielinski: Critical Path Analysis in the Network with Fuzzy Activity Times, *Fuzzy Sets and Systems* 122 (2001) 195-204
- [7] Zhu Z., B.H. Heady: A Simplified Method of Evaluating PERT/CPM Network Parameters, *IEEE Transactions on Engineering Management* 41, (1994) 4 (November), 426-432
- [8] Partovi Y.B., J. Burton: Timing of Monitoring and Control of CPM Projects, *IEEE Transactions on Engineering Management* 40 (1993) 1 (February) 68-74
- [9] Pozewaunig H. et al: ePERT: extending PERT for Workflow Management Systems, First East-European Symposium on Advances in Database and Information Systems ADBIS, (1997) 217-224
- [10] Bartlett J.E. et al: Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research, *Information Technology, Learning and Performance Journal* 19 (2001) 1, 43-50

## SUMMARY

**Study of Relation between Cycle Time and Execution Time in Garment Manufacturing Lines***M. Guner, O. Yucel\**

Nowadays, time management can be a competitive advantage for the companies in the global markets. Time management includes tools or techniques for planning and scheduling time, usually with the aim to increase the effectiveness of time use. Managing times is the mirror image of managing quality, cost, innovation and productivity. Reducing wasted time automatically improves other measures of performance. Clothing sector like the other sectors is affected intensively by the time factor in the various dimensions. This situation necessitates the examination of time in details. In this study, theoretical approach to time concept is presented. For this purpose workflows of 33 different products and unit times of seam operations lied on workflows were studied. Unit times of operations were determined by using the method proposed by REFA. Critical path method (CPM) was used in the showing of workflows of products. According to the principles of CPM, critical paths were found for each product. Cycle times and execution times of products studied and various variables related to them were examined statistically.

**Keywords:** cycle time, execution time, critical path method (CPM), time management

*Ege University, Engineering Faculty, Textile Engineering Department  
Bornova-Izmir, Turcka*

*\*Ege University, Bayindir Vocational Training School, Textile Department  
Bayindir-Izmir, Turcka*

*e-mail: mucella.guner@ege.edu.tr*

*Received January 19, 2007*

**Bestimmung der Beziehung zwischen der Zykluszeit und Ausführungszeit in der Bekleidungsfertigungsstrasse**

Heutzutage kann Zeitmanagement ein Wettbewerbsvorteil für die Unternehmen auf den globalen Märkten sein. Es schließt Methoden und Techniken der Planung und Zeitvorhersage ein, vor allem um die Effizienz der Zeitnutzung zu verbessern. Zeitmanagement spiegelt die Verwaltung von Qualität, Kosten, Innovationen und Produktivität wider. Die Verminderung der vergeudeten Zeit verbessert zugleich die Geschäfte. Deshalb ist es unbedingt nötig, die Struktur der Arbeitszeit zu untersuchen. Diese Arbeit stellt den theoretischen Ansatz zum Konzept der Zeitnutzung dar. Zu diesem Zweck wurde der Verlauf des Zeitaufwandes für 33 diverse Produkte und die Zeiteinheit des Arbeitsganges der Nahtbildung beobachtet. Die Zeiteinheiten der Arbeitsgänge wurden anhand der REFA-Methode ermittelt. Kritische Pfad-Methode (CPM = Critical path method) wird verwendet, um den Arbeitsablauf von einzelnen Produkten aufzuzeigen. Entsprechend den CPM-Grundsätzen werden kritische Pfade für jedes Produkt gefunden. Zyklus- und Ausführungszeiten sowie die damit verbundenen verschiedenen Variablen werden untersucht.